

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**PERANCANGAN KENDALI ADAPTIF STR – PID UNTUK MENGENDALIKAN
KONSENTRASI PADA *ISOTHERMAL CONTINUOUS STIRRED
TANK REACTOR* (CSTR)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

TEGUH PURWANTO

11455101673

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN KENDALI ADAPTIF STR – PID UNTUK MENGENDALIKAN KONSENTRASI PADA *ISOTHERMAL CONTINUOUS STIRRED* *TANK REACTOR* (CSTR)


TUGAS AKHIR

Oleh :

TEGUH PURWANTO
11455101673

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 02 Juli 2021

Ketua Program Studi

 Digitally
signed by Ewi
Ismaredah
Tanggal:
2021.08.02
15:48:46 WIB

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing

 Digitally
signed
by Halim
Mudia

Halim Mudia, ST., MT
NIK. 130517053

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN KENDALI ADAPTIF STR – PID UNTUK MENGENDALIKAN KONSENTRASI PADA *ISOTHERMAL CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)*

TUGAS AKHIR

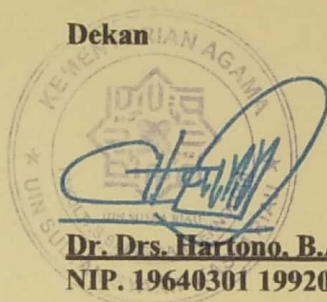
Oleh :

TEGUH PURWANTO
11455101673

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 02 Juli 2021

Pekanbaru, 02 Juli 2021

Mengesahkan,



Dekan
Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd
NIP. 19640301 199203 1 003

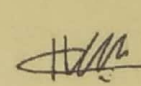
Ketua Program Studi


Digitally signed
by Ewi
Ismaredah
Tanggal:
2021.08.02
15:44:26 WIB
Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002


DEWAN PENGUJI :

Ketua : Mulyono, ST., MT
Sekretaris : Halim Mudia, ST., MT
Penguji I : Ahmad Faizal, ST., MT
Penguji II : Aulia Ullah, ST., M.Eng


Mulyono
Tanggal: 02
Agustus 2021
11:38:32


Digitally
signed by
Halim Mudia


Digitally signed by
Ahmad Faizal
Tanggal: 2021.07.23
19:03:38 WIB


Digitally
signed by
Aulia Ullah

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 02 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

TEGUH PURWANTO

Nim. 11455101673

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

*Puji syukur kehadiran Allah SWT atas semua yang
dilimpahkan-Nya, Allah memberikan hikmah ilmu yang
berguna kepada siapa yang Dia Kehendaki. dan barang siapa
yang telah Dianugrahi*

*hikmah itu, sesungguhnya ia benar-benar telah
diberi karunia yang banyak. Dan hanya orang-
orang barakallah yang dapat mengambil
pelajaran*

(QS. Al Baqarah: 269)

Alhamdulillah

*Dengan segenap ketulusan do'a kupersembahkan karya ilmiahku ini sebagai
bukti dan terima kasihku atas pengorbanan dan tulusnya kasih sayang,*

*Ayahandaku Tercinta (Miswanto) dan Ibundaku Terkasih
(Yusmaini) dan Kakandaku Supriyanto, dan adindaku, Muhammad
Irfanto, serta sanak saudaraku.*

*Dengan jerih payah serta cucuran keringat engkau besarkan daku, engkau
didik daku tanpa kenal lelah dan tak pernah berputus asa engkau merawat dan
membimbing daku, adakah kasih setulus kasihmu adakah yang menyayangi
daku melebihi sayangmu kepada daku,*

terimalah persembahan karya ilmiah dari anakmu ini.

Aku mohon dengan do'a restu Ayahanda dan Ibunda

Semoga keberhasilan ini, merupakan langkah awalku dimasa yang akan datang

Amin Yarabbal alamin

Dengan kerendahan hati

Ananda persembahkan karya Ilmiah ini untuk:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ayahanda, ibunda, kakanda serta adinda tersayang dan tercinta

Ucapan terimakasih handa

kepada:

Keluarga besarku dari keluarga Ayahanda maupun Ibunda

Terimakasih banyak kalian telah membantuku dan memberikan motivasi selama berjuang didalam menimba ilmu hingga akhirnya handa bisa menyelesaikan Tugas

Akhir ini dengan Gelar Sarjana Teknik (ST).

Semoga kita semua selalu dalam lindungan Allah SWT, diberikan kesehatan dan kemudahan rezeki serta dijauhkan dari siksa kubur dan siksa api neraka.

Amin yarabbal alamin Buat teman-teman Seperjuangan

Hidupku terlalu berat untuk mengandalakan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan dari Allah SWT dan orang lain, tidak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah selain bersama sahabat-sahabat terbaik.

Teruntuk sahabat-sahabatku,

Muhammad Akmal, Fernando A.Z , Fadlan Rahim, Riki

Bidasaradi, Nadella Yusfarani dan untuk semua sahabat-sahabatku yang tak bisa satu persatu ku sebutkan.

Terimakasih sahabatku kalian adalah sebagai motivasi ku sehingga aku bisa sampai sejauh ini, Tanpamu teman aku tak berarti, tanpamu teman aku bukan siapa-siapa dan takkan jadi apa-apa.

Terimakasihku untuk semuanya Semoga keberhasilan ini

menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita

besarku.

Aamin yarabbal alamiin

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERANCANGAN KENDALI ADAPTIF STR – PID UNTUK MENGENDALIKAN KONSENTRASI PADA *ISOTHERMAL CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR* (CSTR)

TEGUH PURWANTO

NIM : 11455101673

Tanggal Sidang: 02 JULI 2021

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains Dan Teknologi

Universitas Islam Negri Sultan Syaraf Kasim Riau

Jl. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

Dalam bidang industri kimia banyak terjadi proses yang memiliki sifat yang tidak stabil. Salah satunya pada sistem *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), *Isothermal CSTR* memiliki kendala parameter sistem sulit ditentukan karena terdapatnya kompleksitas sistem, kondisi dinamik sistem, maupun adanya karakteristik dari gangguan, salah satu parameter yang sulit kendalikan adalah konsentrasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diusulkan menggunakan pengendali PID karena telah terbukti mampu mengatasi *Overshoot* dan mencapai *setpoint*. Akan tetapi sistem yang kompleks mengharuskan pengendali mampu berada pada segala kondisi, untuk itu dirancanglah pengendali STR-PID. STR akan bekerja secara otomatis dalam melakukan penyesuaian nilai parameter PID dengan kondisi sistem. Dari hasil simulasi menggunakan *Software* MatLab didapatkan hasil pengendali STR- PID mampu mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal CSTR* dengan keluaran mencapai *Setpoint* 1 g moll/liter dengan *rise time* 4.5352 detik tanpa *error steady state* dan *maximum overshoot*. STR- PID juga mampu mengatasi gangguan yang diberikan sebesar 8% dari *setpoint* pada detik 25 dimana STR-PID ini mampu mengembalikan *respon* dengan waktu *recovery* 9 detik.

Kata Kunci: *Isothermal CSTR*, PID, STR.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DESIGN OF STR – PID ADAPTIVE CONTROL FOR CONCENTRATION IN *ISOTHERMAL CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR (CSTR)*

TEGUH PURWANTO

Student Number: 11455101673

Session Date: July, 02nd 2021

Study Program Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRACT

In the chemical industry there are many processes that have unstable properties. One of them is in the *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)* system, the *Isothermal CSTR* has system parameter constraints that are difficult to determine because of the complexity of the system, dynamic conditions of the system, as well as the characteristics of disturbance, one of the parameters that is difficult to control is concentration. To overcome this problem, it is proposed to use a PID controller because it has been proven to be able to overcome *Overshoot* and achieve *setpoint*. However, a complex system requires the controller to be able to adapt to all conditions, for that the STR-PID controller is designed. STR will work automatically in adjusting the PID parameter value with system conditions. From the simulation results using *software*, it is MatLab found that the STR-PID controller is able to control the concentration at *Isothermal CSTR*, with the output reaching a *Setpoint* of 1 g mol/liter with a *rise time* of 4.5332 seconds without *steady state error* and *maximum overshoot*. also able to overcome the interference given by 8% of the *setpoint* STR-PID isat 25 seconds where the STR-PID is able to return the *response* with atime of *recovery* 9 seconds.

Keywords: *Isothermal CSTR, PID, STR.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullâhi Wabarakâtuh

Dengan mengucapkan *Alḥamdulillâhi Rabbil-‘Âlamîn*, penulis memanjatkan Puji dan Syukur kepada Allâh *Subḥânahu WaTa'âlâ*, Dzat yang tidak serupa dengan makhluk-Nya dan tidak ada satu pun makhluk yang menyerupai-Nya. Shalawat dan Salam semoga senantiasa tercurah kepada makhluk yang paling mulia secara mutlak, yaitu Nabî Agung Muhammad *Shallallâhu ‘Alaihi Wasallam*, para keluarganya yang muslim, segenap sahabatnya serta para pengikutnya sampai hari kiamat kelak.

Penulisan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Atas pertolongan dari Allâh, penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul “ **Perancangan Kendali Adaptif STR- PID Untuk Megendalikan Konsentrasi Pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)**”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengalaman, dorongan, motivasi dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau untuk membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna memperoleh gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewa ayah, ibu dan saudara penulis serta keluarga besar yang telah mendo'akan, memberikan dukungan dan motivasi agar penulis dapat sukses dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan benar.
2. Bapak Prof. DR.Khairunnas Rajab , M.Ag selaku rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Drs.Hartono, B.A., M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
5. Bapak Mulyono, ST, MT selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau, serta selaku ketua sidang yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memimpin jalannya sidang Tugas Akhir ini serta memberikan kritik dan saran yang sangat membangun terhadap penulis..
6. Bapak Halim Mudia, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T. selaku dosen penguji I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu untuk memberi kritik dan saran terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Aulia Ullah, ST., M. Eng selaku dosen penguji II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu untuk memberi kritik dan saran terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
9. Bapak Ibu dosen yang telah memberikan pengetahuan dan mencurahkan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
10. Teman seperjuangan, Mahasiswa seluruh angkatan 14 dan lain-lain baik dari dalam maupun luar kampus yang telah memberikan dorongan, semangat serta motifasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersedia positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 02 Juli 2021

Penulis,

TEGUH PURWANTO

11455101673



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

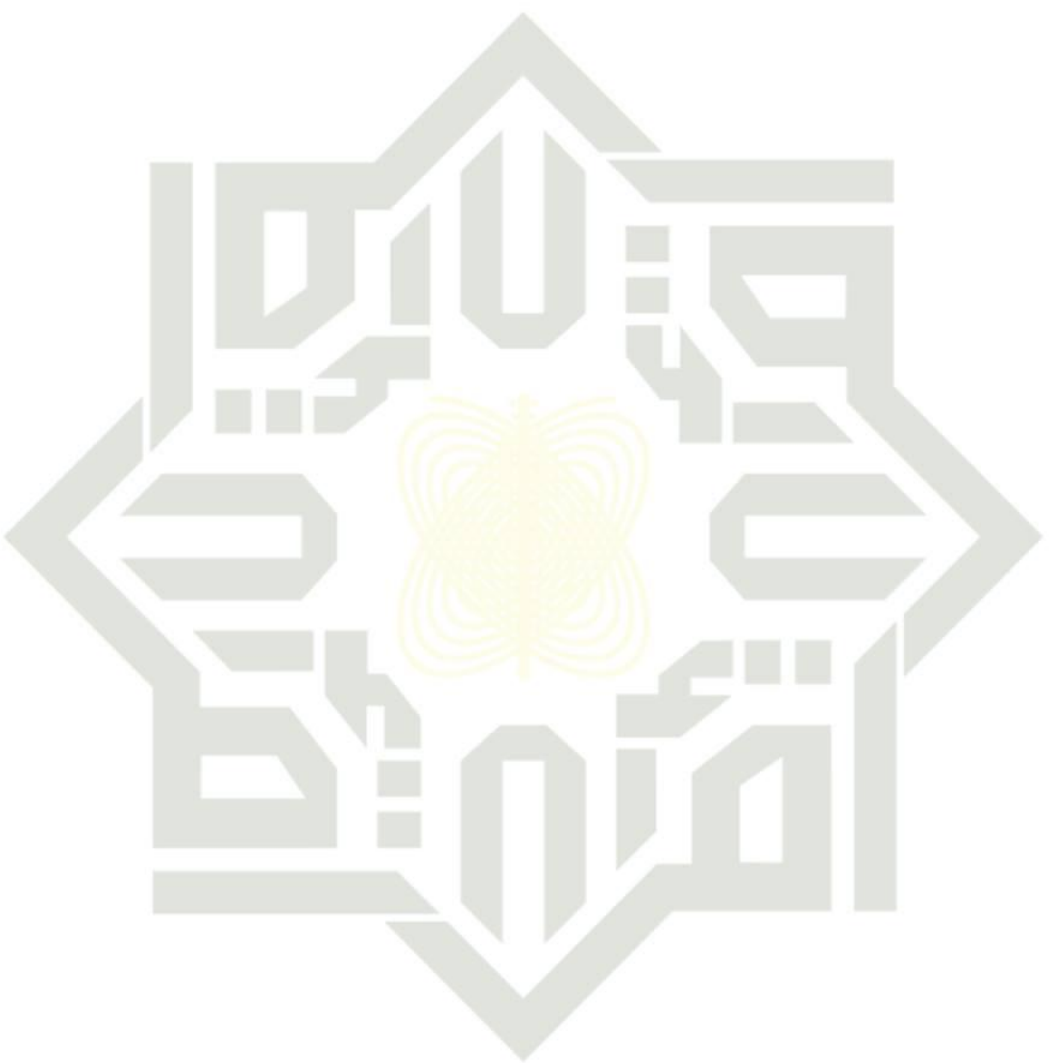
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1. Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan masalah	I-4
1.3 Tujuan	I-4
1.4 Batasan Masalah	I-4
1.5 Manfaat	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2. Penelitian Terkait	II-1
2.2 Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)	II-3
2.2.1 Modeling & Isothermal CSTR	II-5
2.3 Spesifikasi Tanggapan Transien Sistem Orde Kedua	II-8
2.4 Kontroler PID (Proportional Integral Derivative)	II-10

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5	STR (Self Tuning Regulator).....	II-11
2.6	ARMA (Auto Regressive Moving Average)	II-12
2.7	ELS (Extended Least Square).....	II-13
2.8	MATLAB.....	II-14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Alur Penelitian	III-1
3.2	Tahapan Penelitian.....	III-2
3.3	Pengumpulan Data.....	III-3
3.4	Pemodelan Matematis <i>Isothermal CSTR</i>	III-3
3.5	Validasi Pemodelan <i>Isothermal CSTR</i>	III-5
3.6	Skenario Penelitian	III-6
3.7	Perancangan Kendali STR	III-6
3.7.1	Perancangan Plant.....	III-7
3.7.2	Identifikasi Parameter.....	III-9
3.7.3	Perancangan Kendali PID Diskrit.....	III-12
3.7.4	Percancangan Blok Simulink Kendali STR- PID.....	III-9
BAB IV HASIL DAN ANALISA		IV-1
4.1	Gambar Umum Analisa Sistem	IV-1
4.2	Hasil Pengujian <i>Plant Isothermal</i> Secara <i>Open Loop</i>	IV-1
4.3	Hasil Analisa Perancangan Pengendali STR PID Pada <i>Plant Isothermal</i> untuk Mengendalikan Konsentrasi dalam Mengikuti <i>Setpoint</i> yang diberikan.....	IV-4
4.4	Analisa Kekokohan Pengendali STR PID Dalam Mengatasi Gangguan Yang Terjadi Pada <i>Isothermal</i> Untuk Mengendalikan Konsentrasi.....	VI-7
BAB V PENUTUP		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA		



UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN DAFTAR RIWAYAT HIDUP

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Representasi Skema pada Reaktor	II-6
Gambar 2. 2 Spesifikasi Tanggapan Respon Transien	II-9
Gambar 2. 3 Skema Dasar STR.....	II-12
Gambar 2. 4 Tampilan Matlab.....	II-15
Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian	III-1
Gambar 3. 2 Blok <i>Simulink Open Loop Isothermal CSTR</i>	III-5
Gambar 3. 3 Hasil Respon <i>Output Open Loop Isothermal CSTR</i>	III-5
Gambar 3. 4 Diagram Blok STR.	III-7
Gambar 3. 5 Diagram Blok <i>Plant</i> dengan Kendali PID Diskrit	III-10
Gambar 3. 6 Diagram Blok Perhitungan Parameter	III-12
Gambar 3. 7 Rangkaian Blok Diagram STR- PID pada <i>Isothermal</i>	III-13
Gambar 4. 1 Hasil Respon <i>Output Open Loop Isothermal CSTR</i>	IV-1
Gambar 4. 2 Hasil Respon <i>Output Isothermal CSTR</i> dengan Kendali STR- PID.	IV-4
Gambar 4. 3 Rangkaian Blok diagram STR PID pada <i>Isothermal</i> untuk Mengendalikan Konsentrasi Setelah diberi Gangguan.....	IV-8
Gambar 4. 4 Hasil Respon STR PID pada <i>Isothermal</i> untuk Mengendalikan Konsentrasi dalam Mengatasi Gangguan 8%.....	IV-8
Gambar 4. 5 Hasil Respon STR PID pada <i>Isothermal</i> untuk Mengendalikan Konsentrasi dalam Mengatasi Gangguan 25%.....	IV-9

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 2	Hubungan antara kendali P, I dan D.....	II-11
Tabel 3. 1	Parameter Proses <i>Isothermal</i> CSTR.....	III-3
Tabel 4. 1	Analisa Respon <i>Open Loop</i> pada <i>Isothermal</i> CSTR.....	IV-4
Tabel 4. 2	Analisa Respon <i>Isothermal</i> CSTR menggunakan STR-PID.....	IV-7

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

= <i>Continuous Stirred Tank Reactor</i>
= <i>Proportional</i>
= <i>Integral</i>
= <i>Derivative</i>
= <i>Proportional Integral Derivative</i>
= <i>Self Tuning Regulator</i>
= <i>Auto Regressive Moving Average</i>
= <i>Extended Least Square</i>
= <i>Recursive Least Square</i>
= <i>Close loop Transfer Function</i>
= <i>Matrix Laboratory</i>

DAFTAR SIMBOL

C_{Afs}	Kesetimbangan Masukan Konsentrasi
C_{AS}	Kesetimbangan Pada Konsentrasi A
C_{BS}	Kesetimbangan Pada Konsentrasi B
k_1	Nilai Molaritas Konstan Untuk A \rightarrow B
k_2	Nilai Molaritas Konstan Untuk B \rightarrow C
k_3	Nilai Molaritas Konstan Untuk 2A \rightarrow D
$\frac{F_s}{V}$	Nilai Pada Pengenceran
t_d	Waktu Tunda
t_r	= Waktu Naik
t_s	= Waktu Tunak
e_{ss}	= <i>error steady state</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sistem kendali otomatis sudah masuk ke dalam setiap sisi kehidupan, dimana penelitian untuk teknologi kendali otomatis juga digunakan untuk mengendalikan proses pada industri, baik industri kecil maupun industri besar. Pada industri besar seperti proses industri kimia, industri otomotif dan lainnya. Salah satunya dalam bidang industri kimia banyak terjadi proses yang memiliki sifat yang tidak stabil sehingga sulit untuk memprediksi nya. Salah satu unit yang digunakan dalam proses kimia industri adalah reaktor. Reaktor merupakan sebuah alat yang dirancang sebagai tempat terjadinya proses reaksi berlangsung, baik itu berupa reaksi kimia maupun nuklir. Dengan terjadinya reaksi inilah maka suatu bahan berubah ke bentuk bahan lainnya, perubahannya terjadi secara spontan atau terjadi dengan sendirinya dan juga membutuhkan bantuan energi lain seperti panas. Perubahan yang dimaksud inilah yang disebut dengan perubahan kimia[1], salah satu jenis reaktor kimia ialah *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*, *Isothermal CSTR* merupakan salah satu reaktor yang bisa difungsikan untuk mencampur dua atau lebih bahan kimia dengan menggunakan pengaduk, dimana pengadukan ini dapat menyebabkan berbagai reaksi kimia, yang dimana reaktor kimia ini beroperasi pada suhu konstan (*isothermal*), dan untuk volumenya juga diasumsikan konstan, yang dimana reaktor memiliki kendala parameter sistem sulit ditentukan karena terdapatnya kompleksitas sistem, kondisi dinamik sistem, maupun adanya karakteristik dari gangguan (*Disturbance*) [2].

CSTR merupakan sebuah sistem *non linier multivariabel*, Hal ini bisa dilihat dari banyaknya parameter yang dapat dikendalikan seperti konsentrasi, tekanan, laju aliran dan ketinggian. Proses yang terjadi pada CSTR dikatakan sebagai proses *non linier* karena proses ini selalu berubah terhadap waktu proses dan tidak stabil [3]. Pada penelitian *Isothermal CSTR* ini parameter yang dikendalikan yaitu konsentrasi, yang beroperasi pada suhu konstan dan volume juga diasumsikan konstan tetapi tidak untuk konsentrasi, sementara parameter yang lain dianggap konstan, dengan contoh kasus penerapan CSTR pada industri kimia pada pembuatan Etilen Glikol. Pengendalian CSTR pada pembuatan etilen glikol digunakan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang telah ditentukan, dimana hasil sebuah produk dalam proses dipengaruhi oleh konsentrasi bahan- bahan fluida yang tercampur

dalam proses untuk itu sangat diperlukan suatu kendali yang dapat mengatur konsentrasi. Dimana etilen glikol ini digunakan sebagai bahan zat anti beku, serat poliester dan bahan pembuatan botol.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengendalikan *Isothermal CSTR* menunjukkan hasil yang kurang baik. Penelitian [2] dimana penelitian ini mengendalikan *Isothermal CSTR* dengan menggunakan dua pengendali PID – *fuzzy Logic Control* yang di *hybrid* untuk mendapatkan performansi yang lebih baik yang dimana menggunakan kendali PID dengan metode Zeigler- Nichols dimana hasil tersebut masih memiliki *overshoot* yang cukup besar dan respon waktu yang kurang cepat.

Penelitian lain yang membahas sistem yang sama dimana *performance Isothermal* pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan menggunakan beberapa pengendali yaitu (P), (PI), (PID), dan *Fuzzy Logic* yang dimana untuk kontrol PID menggunakan metode Zeigler- Nichols, Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan pengendali *Proportional Integral Derivative* (PID) mampu menghasilkan respon keluaran *concentration substrate*, tetapi masih memiliki kekurangan dan dianggap belum cukup baik dikarenakan terdapat ketidakstabilan dibandingkan pengendali *Fuzzy Logic* yang menghasilkan nilai konsentrasi *substrate* pada respon keluaranya, tetapi pengendali *Fuzzy Logic* lebih baik karena mampu menghilangkan *delay time* dan *inverse response*. [4].

Pada penelitian lain yang membahas sistem yang sama dimana pada penelitian [5] belum mencapai *set point* yang diinginkan dan masih memiliki *error steady state* sama dengan penelitian sebelumnya untuk mencari nilai PID masih menggunakan metode Zeigler- Nichols. Penelitian ini masih menunjukkan adanya *overshoot* dan belum bisa mencapai *setpoint* yang diinginkan sehingga penelitian ini masih memiliki kekurangan sama dengan penelitian yang sebelumnya. Dari ketiga hasil penelitian tersebut dimana sistem untuk penentuan nilai PID masih menggunakan metode Zeigler- Nichols atau masih secara manual yang dimana metode ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil yang terbaik dan apabila ada perubahan *setpoint* maka harus mencari nilai PID secara manual, oleh karena untuk membantu mencapai *setpoint* yang diinginkan dan mengatasi gangguan yang terjadi pada sistem dapat digunakan kendali adaptif seperti *Self Tunning Regulator* (STR).

Self Tunning Regulator (STR) merupakan kendali adaptif yang mampu beradaptasi dan mampu memberikan parameter secara tepat pada kendali PID meskipun terdapat gangguan dan adanya perubahan *Setpoint*. STR mampu memperbarui nilai parameter untuk

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

kendali PID ketika terjadi perubahan kondisi pada sistem[6]. STR akan bekerja secara otomatis dalam melakukan penyesuaian nilai parameter PID dengan kondisi sistem yang diinginkan. Ini terbukti dengan penelitian [7] yang dimana didapat hasil STR mampu mengadaptasi parameter kendali sistem pengatur suhu dengan baik dan mempunyai kehandalan dalam mengeliminasi gangguan dari luar.

Pada penelitian lain [8] STR akan beradaptasi dengan pemodelan parameter sistem sehingga proses *tunning* dilakukan secara online atau setiap terjadi perubahan pada sistem secara otomatis STR akan meng-*update* nilai parameter dengan mencari nilai baru pada parameter PID. Lalu dalam penelitian [9] dikatakan bahwa STR-PID mampu mencapai *output steady state* yang diberikan dan ketika nilai *output steady state* respon *output* dirubah, kendali STR-PID dapat mengidentifikasi perubahan tersebut sehingga membawa sistem untuk mencapai *output steady state* yang diinginkan. Nilai kendali pada penelitian ini juga didapatkan secara otomatis atau *auto tuning*.

Dalam proses perancangan STR ini menggunakan metode pendekatan ARMA (*Autoregressive Moving Average*) orde 2 untuk mengubah *transfer fuction* dari *plant* ke dalam bentuk diskrit karena metode ini memiliki turunan matematis yang sederhana serta mudah untuk dipahami, dan untuk proses *tunning* nilai STR menggunakan Algoritma *Extended least square* (ELS) yang merupakan modifikasi dari Recursive Least Square (RLS) agar waktu yang dilakukan saat proses *tunning* tidak terbatas selama *power supply* masih aktif [6]

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* untuk mengendalikan konsentrasi sesuai yang diinginkan maka sangat dibutuhkan pengendali yang tepat, selain itu dipenelitian sebelumnya menunjukkan pengendali PID dapat mengatasi *overshoot*, mempercepat mencapai *setpoint*. Namun untuk menentukan nilai PID dilakukan dengan menggunakan metode Zeigler- Nichols yang untuk mendapatkan nilainya masih dilakukan secara manual dimana dengan menggunakan metode tersebut membutuhkan waktu yang lama karena harus mendapatkan nilai yang sesuai dengan kondisi *plant*. Sehingga penulis ingin menambahkan pengendali adaptif *Self Tunning Regulator* (STR) karena pengendali STR mampu men *tunning* otomatis nilai PID untuk mengendalikan konsentrasi pada ICSTR agar mempermudah jika terjadi gangguan.

Berdasarkan latar belakang diatas penulis tertarik untuk mengangkat judul “Perancangan Kendali Adaptif STR- PID Untuk Mengendalikan Konsentrasi Pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)”.

1.2

Rumusan masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang sistem kendali STR- PID untuk mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan *error steady state* yang kecil.
2. Bagaimana cara merancang sistem kendali STR- PID dengan *overshoot* yang kecil pada pengendalian konsentrasi di *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR).
3. Bagaimana cara merancang sistem kendali STR- PID yang kokoh terhadap gangguan pada pengendalian konsentrasi di *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)

1.3

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang kendali STR- PID pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dalam mengendalikan konsentrasi

1. Supaya respon *output* sistem yang dihasilkan bisa mengikuti nilai *setpoint* yang diberikan dan mampu mengurangi *error steady state* dengan keluaran mencapai 1 g.moll/liter
2. Mampu meredam *overshoot* yang ada.
3. Mampu memperbaiki respon *Output* jika diberikan gangguan.

1.4

Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pemodelan sistem *Ishothermal* pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) serta *setpoint* berdasarkan penelitian Vishal Visnoi dkk.
2. Variabel yang dikendalikan adalah konsentrasi dan parameter volume dianggap konstan.
3. Temperatur dianggap konstan sehingga tidak ada cairan yang keluar sebagai uap untuk memudahkan pemodelan matematis sistem *Isothermal CSTR*.
4. Pengendali yang digunakan adalah STR dengan pendekatan struktur model ARMA orde 2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

- 5 Proses *tuning* nilai parameter STR menggunakan algoritma *Extended Least Square* (ELS).
- 6 Tidak ada pembahasan tentang *hardware*,
- 7 Sistem yang dibuat berupa simulasi yang dilakukan menggunakan aplikasi Mat Lab.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagi penulis
Menambah wawasan tentang perancangan sistem kendali STR- PID untuk mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR).
2. Bagi mahasiswa Teknik Elektro dan pembaca
 - a. Menjadi acuan bagi mahasiswa lain untuk menambah referensi dalam penulisan tugas akhir mengenai mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)
 - b. Menjadi referensi tambahan mengenai pengendali STR- PID
 - c. Menjadi referensi tambahan untuk penelitian berikutnya
3. Bagi Universitas
Menambah koleksi buku referensi yang ada di perpustakaan Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan terdapat penjelasan tentang teori dasar yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dasar teori yaitu pemodelan *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), identifikasi sistem, pengendali STR, pengendali *Proportional Integral Derivatif* (PID) dan perangkat lunak MatLab.

2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengendalikan *Isothermal CSTR* menunjukkan hasil yang kurang baik. Penelitian yang berjudul *controller performance evaluation for concentration control of Isothermal continuous stirred tank reactor* dimana penelitian ini mengendalikan *Isothermal CSTR* dengan menggunakan dua kendali yaitu PID – fuzzy yang di gabungkan untuk menghasilkan performansi yang lebih baik, yang dimana menggunakan control PID dengan metode Zeigler- Nichols dari hasil yang didapat kedua pengendali tersebut masih memiliki *overshoot* yang cukup besar yaitu 5.5% dengan waktu *settling time* 6.5306 detik yang dimana hasil keluaran yang didapat masih belum maksimal dikarenakan masih menggunakan PID dengan metode Zeigler-Nichols yang dimana dengan adanya gangguan kendali PID belum mampu mengatasinya[2]. Keterkaitan penelitian ini dengan penelitian penulis sama sama membahas plant yang sama namun beda pengendali dimana pengendali yang digunakan mampu mengatasi apabila terjadi gangguan dan akan mencari nilai parameter PID dengan sendirinya.

Penelitian lain yang membahas sistem yang sama dimana *performance Isothermal* pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan membandingkan beberapa pengendali yaitu (P),(PI),(PID), dan *Fuzzy Logic* [4]. Penelitian ini menghasilkan dimana penggunaan pengendali *Proportional* (P) hanya mampu menghasilkan nilai konsentrasi *substrate* sebesar 0.3667 g/l pada respon keluarannya, untuk pengendali (PI) memiliki respon keluarannya yaitu sebesar 0.369 g/l serta dengan menggunakan pengendali (PID) mampu menghasilkan respon keluaran yaitu sebesar 0.995 g.moll/L, namun masih memiliki kekurangan dikarenakan terdapat ketidakstabilan pada saat terjadi *rise time* yang membutuhkan waktu 20 second serta *settling time* sebesar 40 second, pada pengendali *fuzzy logic* menghasilkan nilai konsentrasi *substrate* pada respon keluarannya sebesar 0.9941 g.moll/L tetapi pengendali *fuzzy logic* lebih bagus dikarenakan mampu meminimalisir *delay*

dan *inverse response* selain itu penelitian ini juga masih menggunakan metode PID Zeigler Nichols atau perumusan yang manual untuk penentuan nilai PID[4]. Penelitian ini memiliki keterkaitan dengan penelitian yang penulis akan lakukan yaitu mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal cstr* dengan pengendali berbeda.

Pada penelitian lain yang membahas sistem yang sama dimana penelitian ini menggunakan dua pengendali yaitu pengendali *hybrid sliding mode control* dan PID untuk mengendalikan *concentration* pada *Isothermal continuous stirred tank reactor (CSTR)* yang dimana belum mencapai *set point* yang diinginkan yaitu 1 g. moll/litter dengan hasil *settling time* 3.0446 detik dan masih memiliki *error steady state* yang lebih kecil yaitu 0.0002 g. moll/liter. Penelitian ini menyimpulkan masih adanya *overshoot* dan belum mampu mencapai *setpoint* yang diberikan sehingga penelitian ini masih memiliki kekurangan dan masih menggunakan PID dengan metode penalaan Zeigler – Nichols yang dilakukan secara manual dalam penentuan nilai PID oleh sebab itu diperlukan pengendali lain untuk mencapai *setpoint* nya [5].

Dari ketiga penelitian tersebut, dapat dikatakan bahwa ketiganya menggunakan metode Zeigler – Nichols dalam mencari hasil yang terbaik dan dilakukan secara manual. Oleh karena itu, dibutuhkanlah sebuah kendali adaptif seperti *Self Tuning Regulator* atau STR yang mampu membantu proses *tuning* untuk mendapatkan parameter kontrol yang tepat meskipun terjadi gangguan pada sistem. STR mampu memperbarui nilai parameter untuk kendali PID ketika terjadi perubahan kondisi pada sistem dan STR akan bekerja secara otomatis dalam melakukan penyesuaian nilai parameter PID dengan kondisi sistem yang diinginkan. ini terbukti dengan penelitian yang berjudul “aplikasi kendali adaptif pada pengendali plant pengatur suhu dengan *self tuning regulator* (STR)” yang dimana didapat hasil STR mampu mengadaptasi parameter kendali sistem pengatur suhu dengan baik untuk nilai laju konvergensi 0.001 sampai 0.0001 dan mempunyai kehandalan dalam mengeliminasi gangguan dari luar.[7]. Keterkaitan penelitian ini dengan penelitian penulis yaitu sama menggunakan kendali STR-PID yang mampu mengatasi apabila adanya gangguan.

Pada penelitian lain yang berjudul Perancangan dan Implementasi Kontroler PID Adaptif pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa, pada penelitian ini disimpulkan bahwa kontrol PID adaptif dengan STR dapat bekerja dengan baik untuk memperlambat respon *plant* dan juga mampu mengadakan adaptasi terhadap perubahan beban dengan kemampuan *recovery time*[8]. Plant yang dibahas pada penelitian ini berbeda

dengan penulis bahas, namun keterkaitan penelitian yaitu menggunakan pengendali yang sama.

Lalu dalam penelitian Perancangan Kendali Adaptif STR-PID Untuk Pengendalian Temperatur Pada Annealing Lehr dikatakan bahwa STR-PID mampu mencapai *output steady state* yang diberikan dan ketika nilai *output steady state* respon *output* dirubah, kendali STR-PID dapat mengidentifikasi perubahan tersebut sehingga membawa sistem untuk mencapai *output steady state* yang ditentukan. Nilai kendali pada penelitian ini juga didapatkan secara otomatis atau *auto tuning* [9]. Dari beberapa penelitian tentang STR PID dapat disimpulkan bahwa STR bekerja dengan cara memeriksa dan membaca data yang diterima oleh *plant* kemudian STR akan mencari parameter yang tepat dan meng-*update* parameter kendali PID agar tetap berada pada *setpoint* yang diinginkan dan STR dapat menyesuaikan perubahan parameter yang mengganggu *output plant*, sehingga bisa dikatakan mampu mengatasi gangguan yang terjadi.

Berdasarkan studi literatur dan hasil penelitian maka, akan dirancang pengendali STR-PID untuk mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal CSTR* dimana digabungkannya kedua pengendali ini nantinya mampu untuk memperbaiki kekurangan respon pada penelitian sebelumnya.

2.2 Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)

CSTR merupakan sebuah reaktor kontinyu yang dirancang untuk mempelajari proses dalam ilmu kimia. Reaktor jenis ini hampir selalu beroperasi dengan keadaan tunak, CSTR terdiri dari tangki yang dilengkapi dengan motor berpengaduk. Beberapa reaktor bisa dipasang secara seri maupun parallel. Sebagai model dalam skala besar, Reaktor digunakan untuk reaksi yang berbentuk homogen (liquid-liquid), reaksi heterogen (liquid-gas) dan reaksi yang melibatkan padatan tersuspensi yang dibantu dengan adanya pengadukan. Kebanyakan aplikasi dari tangki berpengaduk digunakan pada proses yang kontinyu. Pengadukan yang sempurna diperlukan agar dapat meningkatkan kinerja dari reaktor.

Continuous stirred tank reactor (CSTR) salah satu jenis reaktor yang umumnya berbentuk bejana dan bekerja secara kontinyu (alir), dan banyak digunakan untuk reaksi-reaksi homogen fase cair tanpa katalis maupun dengan katalis, serta reaksi yang terjadi di dalamnya berlangsung secara *Isothermal* [10]. Reaksi dimonitor oleh *probe* konduktivitas dari larutan yang berubah dengan konversi dari reaktan menjadi produk. Artinya ini merupakan proses titrasi yang tidak akurat dan tidak efisien dimana ini digunakan untuk

memonitor perkembangan reaksi yang tidak begitu penting. Reaksi yang terjadi adalah reaksi *saponifikasi* etil asetat dengan menggunakan NaOH yang dilakukan pada kondisi tekanan dan temperatur yang sama [11].

Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) bisa berbentuk dalam tangki satu atau lebih dari satu dalam bentuk seri. Reaktor ini digunakan untuk reaksi fase cair dan biasanya digunakan untuk reaksi kimia organik. Keuntungan dari reaktor ini adalah kualitas produk yang bagus, control yang otomatis dan tidak membutuhkan banyak tenaga operator. Karakteristik dari reaktor ini adalah beroperasi pada kondisi *steady state* dengan aliran reaktan dan produk secara kontinu [11].

Keberhasilan operasi suatu proses pengolahan sering kali bergantung pada efektifnya pengadukan dan pencampuran zat cair dalam proses tersebut. Istilah pengadukan dan pencampuran sebenarnya tidak sinonim satu sama lain. Pengadukan (*agitation*) adalah menunjukkan gerakan yang tereduksi dengan cara tertentu pada suatu bahan di dalam bejana, dimana gerakan itu biasanya berbentuk pola sirkulasi. Pencampuran (*mixing*) adalah proses menyebarkan bahan-bahan secara acak, dimana bahan yang satu menyebarkan ke dalam bahan yang lain dan sebaliknya, yang dimana bahan-bahan itu sebelumnya berpisah dalam dua fase atau lebih. Istilah pencampuran digunakan untuk berbagai ragam operasi, dimana derajat homogenitas bahan yang bercampur itu sangat berbeda-beda. Tujuan pengadukan antara lain ialah untuk membuat suspensi partikel zat padat, untuk mencampur zat cair yang mampu mencair (*miscible*), untuk menyebarkan (dispersi) gas di dalam zat cair dalam bentuk gelembung-gelembung kecil. Untuk menyebarkan zat cair yang tidak dapat bercampur dengan zat cair yang lain, sehingga membentuk emulsi atau suspensi butiran-butiran halus, dan untuk mempercepat perpindahan kalor antara zat cair dengan kumparan atau mantel kalor. Kadang-kadang pengaduk (*agitator*) digunakan untuk beberapa tujuan sekaligus, misalnya dalam hidrogenasi, gas hidrogen didispersikan melalui zat cair dimana terdapat partikel-partikel katalis padat dalam keadaan suspensi, sementara kalor reaksi diangkat keluar melalui kumparan atau jaket [11].

Ada dua bentuk reaktor kimia:

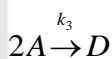
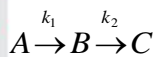
1. Reaktor tangki atau bejana
2. Reaktor pipa

Kedua reaktor dapat beroperasi secara kontinu dan *batch*. Biasanya, reaktor beroperasi dalam keadaan tunak, tetapi terkadang bisa juga beroperasi secara transien. Biasanya keadaan reaktor yang transien ialah disaat reaktor pertama kali dioperasikan misal:

1. Setelah perbaikan atau pembelian baru, dimana komponen produk masih berubah seiring waktu. Biasanya bahan yang direaksikan dalam reaktor kimia berupa cairan dan gas, namun terkadang ada juga padatan yang dicampurkan dalam reaksi (misal: *katalisator*, *reagen*, *inert*). Tentu saja perlakuan yang dilakukan pada bahan yang akan direaksikan akan berbeda.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi, yaitu:
 1. Konsentrasi
Reaksi kimia lebih cepat terjadi apabila konsentrasi yang bereaksi lebih besar. Semakin besar konsentrasi, maka semakin banyak partikel zat maka akan banyak terjadi tumbukan.
 2. Luas Permukaan
Semakin luas permukaan sentuhan zat bereaksi, maka akan semakin besar pula frekuensi tumbukan yang terjadi yang akan membuat reaksi lebih cepat.
 3. Suhu
Dengan naiknya suhu, maka energi kinetik sebuah molekul zat yang bereaksi bertambah sehingga proses reaksi lebih cepat.
 4. Katalis
Katalis memungkinkan akan terjadinya penurunan energi aktivasi dan memperbanyak tahap reaksi.

2.2.1 Modeling & Isothermal CSTR

Isothermal CSTR adalah sejenis *CSTR* yang beroperasi pada suhu konstan. Volume nya juga di asumsi kan konstan, skema reaksi terdiri dari reaksi *irreversible* aliran umpan hanya berisi komponen A [2]. Adapun jenis cairan yang digunakan pada proses penelitian ini diantaranya ialah *Cyclopentadine*, *Cyclopentenol*, *Cyclopentanediol*, *Dicyclopentadiene*. *Isothermal CSTR* memiliki reaksi berikut skema yang disebut reaksi *Van de Vusse* [2].



Dari skema diatas ditunjuk tahapan – tahapan terhadap terjadi laju molaritasnya, dari skema tersebut didapat konstantanya sebagai berikut [2]:

$$K_1 = 50h^{-1} = 0.83 \text{ min}^{-1}$$

$$K_2 = 100h^{-1} = 1.66 \text{ min}^{-1}$$

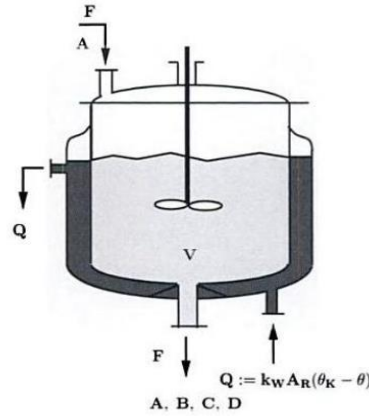
$$K_3 = 10 \text{ mol}^{-1} h^{-1} = 0.166 \text{ mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 1 Representasi Skema pada Reaktor

Konsentrasi umpan pada *steady state* adalah $C_{Afs} = 10 \text{ g.moll}^{-1}$ Persamaan untuk keseimbangan keseluruhan material yang digunakan [2].

$$\frac{d(V\rho)}{dt} = F_i \rho - F \rho \quad (2.1)$$

Jadi

$$F = F_i \quad (2.2)$$

Komponen keseimbangan material bisa juga menggunakan [2].

$$\frac{d(VC_A)}{dt} = F(C_{Af} - C_A) - V k_1 C_A - V k_3 C_A^2 \quad (2.3)$$

Untuk menyederhanakan persamaan (2.3) kita dapat menggunakan Persamaan yang ada pada (2.4) berikut adalah persamaan untuk setiap komponen kesetimbangan materialnya [2].

$$\frac{dC_A}{dt} = \frac{F}{V} (C_{Af} - C_A) - k_1 C_A - k_3 C_A^2 \quad (2.4)$$

$$\frac{dC_B}{dt} = \frac{F}{V} C_B + k_1 C_A - k_2 C_B \quad (2.5)$$

Tingkat pembentukan molar untuk setiap komponen (per unit volume) sebagai berikut [2].

$$r_A = -k_1 C_A - k_3 C_A^2 \quad (2.6)$$

$$r_B = -k_1 C_A - k_2 C_B \quad (2.7)$$

Sementara untuk konsentrasi *steady state* A dan B didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut [2].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$C_{AS} = \frac{-\left(k_1 + \frac{F_s}{V}\right)}{2k_3} + \frac{\sqrt{\left(k_1 + \frac{F_s}{V}\right)^2 + 4k_3 \frac{F_s}{V} C_{Afs}}}{2k_3} \quad (2.8)$$

$$C_{BS} = \frac{k_1 C_{AS}}{\frac{F_s}{V} + k_2} \quad (2.9)$$

Keadaan ruang model linier direpresentasikan sebagai berikut [2].

$$x = Ax + Bu$$

$$Y = Cx + Du$$

Untuk variabel *state* di representasikan dengan matriks A sebagai berikut [2].

$$x = \begin{bmatrix} C_A & -C_{AS} \\ C_B & -C_{BS} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Untuk variabel *output* di representasikan dengan matriks B sebagai berikut [2].

$$y = \begin{bmatrix} C_C & -C_{CS} \\ C_D & -C_{DS} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Variabel *input* di representasikan sebagai berikut [2].

$$u = \begin{bmatrix} F & -F_s \\ V & V \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Dua persamaan fungsional dinamis direpresentasikan sebagai [2].

$$\frac{dC_A}{dt} = f_1\left(C_A, C_B, \frac{F}{V}\right) = \frac{F}{V}(C_{Af} - C_A) - k_1 C_A - k_3 C_A^2 \quad (2.13)$$

$$\frac{dC_B}{dt} = f_2\left(C_A, C_B, \frac{F}{V}\right) = -\frac{F}{V} C_B + k_1 C_A - k_2 C_B \quad (2.14)$$

Elemen ruang pada state space Matriks A ditentukan oleh

$$A_{ij} = \left. \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right|_{x_s, u_s} \quad (2.15)$$

$$A_{11} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_A} \right|_{x_s, u_s} = -\frac{F_s}{V} - k_1 - 2k_3 C_{AS} \quad (2.16)$$

$$A_{12} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial C_B} \right|_{x_s, u_s} = 0 \quad (2.17)$$

$$A_{21} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial C_A} \right|_{x_s, u_s} = k_1 \quad (2.18)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$A_{22} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial C_B} \right|_{x_s, u_s} = -\frac{F_s}{V} - k_2 \quad (2.19)$$

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{F_s}{V} - k_1 - 2k_3 C_{AS} & 0 \\ k_1 & \frac{F_s}{V} - k_2 \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

Elemen ruang pada state space Matriks B ditentukan oleh

$$B_{ij} = \left. \frac{\partial f_i}{\partial u_j} \right|_{x_s, u_s} \quad (2.21)$$

$$B_{11} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial u_1} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial \left(\frac{F}{V} \right)} \right|_{x_s, u_s} = C_{Afs} - C_{AS} \quad (2.22)$$

$$B_{12} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial u_2} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_1}{\partial \left(-\frac{F_s}{V} \right)} \right|_{x_s, u_s} = \frac{F_s}{V} \quad (2.23)$$

$$B_{21} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial u_1} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial \left(\frac{F}{V} \right)} \right|_{x_s, u_s} = -C_{BS} \quad (2.24)$$

$$B_{22} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial u_2} \right|_{x_s, u_s} = \left. \frac{\partial f_2}{\partial \left(-\frac{F_s}{V} \right)} \right|_{x_s, u_s} = 0 \quad (2.25)$$

$$B = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{Afs} - C_{AS} & \frac{F_s}{V} \\ -C_{BS} & 0 \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

2.3 Spesifikasi Tanggapan Transien Sistem Orde Kedua

Spesifikasi tanggapan transien orde dua dalam domain waktu yang dimaksud adalah: Metode ini berguna untuk mengidentifikasi sistem sesuai pengamatan grafis terhadap masukan *step*. Dimana sinyal uji diberikan pada sistem untuk mengetahui respon dari sistem *open loop* maupun *close loop*. Dari respon sistem, dapat diketahui karakteristik-karakteristik

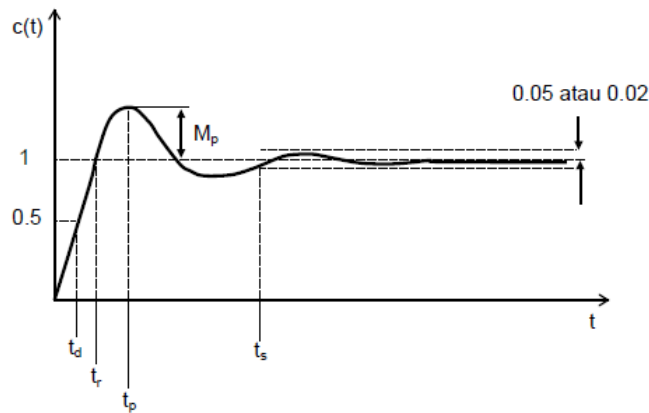
Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penting dari sistem. Sistem yang digunakan adalah *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) yang merupakan sistem orde 2



Gambar 2. 2 Spesifikasi Tanggapan Respon Transien [12]

Respon transien sistem orde kedua :

1. Konstanta waktu (τ), merupakan waktu yang diperlukan respon mulai dari $t=0$ hingga dengan respon mencapai 63,2% dari respon *steady state*. Konstanta waktu yang kecil akan sebuah respon sistem lebih cepat.
2. Waktu tunak atau *settling time* (t_s), merupakan waktu yang diperlukan kurva respon sistem untuk menetap pada daerah stabil. Untuk mendapatkan nilai *settling time* (t_s) adalah dengan menghitung waktu saat respon mencapai :
 - a. $t_s (\pm 2\%)$ mendekati *setpoint* untuk mencapai konstan.
 - b. $t_s (\pm 5\%)$ mendekati *setpoint* untuk mencapai konstan.
3. Waktu naik atau *rise time* (t_r), merupakan harga waktu yang diperlukan respon sistem untuk naik dari 5% ke 95% atau 10% ke 90% dari nilai respon dalam keadaan tunak (*steady state*). Untuk mendapatkan nilai dari *settling time* (t_r) dengan menghitung nilai waktu :
 - a. $t_r (5\% - 95\%)$
 - b. $t_r (10\% - 90\%)$
4. Waktu tunda atau *delay time* (t_d), merupakan waktu yang dibutuhkan respon mulai $t=0$ sampai respon mencapai 50% dari nilainya pada keadaan tunak (*steady state*). Waktu tunda menyatakan besarnya faktor keterlambatan respon akibat proses *sampling*. Kita harus mencari $\frac{1}{2}$ harga dari *setpoint* terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai *delay time* (t_d) .

5. Karakteristik respon keadaan tunak (*steady state*) sistem orde dua diukur berdasarkan kesalahan pada keadaan tunak atau *error steady state* (e_{ss}).

$$e_{ss} = R_{ss} - C_{ss}$$

Dengan C_{ss} dan R_{ss} masing-masing adalah keluaran dan masukan sistem pada keadaan tunak.

6. Waktu puncak (t_p) : Waktu yang diperlukan respon untuk mencapai puncak pertama *overshoot*.

7. *Overshoot* maksimum (*maximum overshoot*), M_p : nilai yang menyatakan perbandingan antara nilai maksimum respon (*overshoot*) yang melampaui nilai *steady state* dibanding dengan nilai *steady state*. Besarnya persen *overshoot* dinyatakan sebagai berikut:

$$M_p = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\%$$

Overshoot hanya terjadi jika sistem kurang teredam sehingga harga ($\zeta < 1$).

2.4 Kontroler PID (Proportional Integral Derivative)

Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) adalah penengendali konvensional yang menggabungkan kontroler *Proporsional*, *Integral* dan *Derivatif*. Kontroler ini memiliki parameter pengontrol, yaitu K_p , K_i , dan K_d . Dimana ketiga parameter tersebut diturunkan dari perhitungan matematis pada metode PID yang konvensional. Kesulitan muncul jika plant yang dikendalikan adalah sistem dengan orde tinggi. Oleh dari itu, dibutuhkan metode tuning PID yang dapat diterapkan dalam sistem orde tinggi [13]. Pengendali PID ini terdiri dari tiga aksi pengendalian yaitu *Proportional*, *Integral* dan *Derivatif*, ketiga aksi ini dapat digunakan sekaligus secara bersamaan, satu persatu maupun kombinasi dari 2 aksi.

PID sendiri telah banyak digunakan untuk mengendalikan suatu sistem seperti sistem proses industri, militer, penerbangan, pertambangan dan lain sebagainya [12]. Hingga saat ini kontrol PID merupakan satu-satunya strategi yang paling banyak digunakan pada pengontrolan proses industri. Berdasarkan survey, 97% industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti industri kimia, *pulp*, minyak, gas dan industri makanan,) menggunakan kendali PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya [6].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bentuk umum dari pengendali PID adalah sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) + K_d \frac{de}{dt} \quad (2.27)$$

Dimana :

K_p = *Proportional Gain*

K_i = *Integral Gain*

K_d = *Derivative Gain*

Untuk mempercepat respon sistem digunakan kendali *proportional* (P), untuk mengurangi *error* keluaran sistem digunakan kendali *integral* (I), dan untuk menghilangkan *overshoot* dapat digunakan kendali *derivative* (D). Sehingga untuk menghasilkan respon yang baik bisa dikombinasikan dari tiga kendali tersebut.

Hubungan dari ketiga pengendali ini dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 1 Hubungan antara kendali P, I dan D [12]

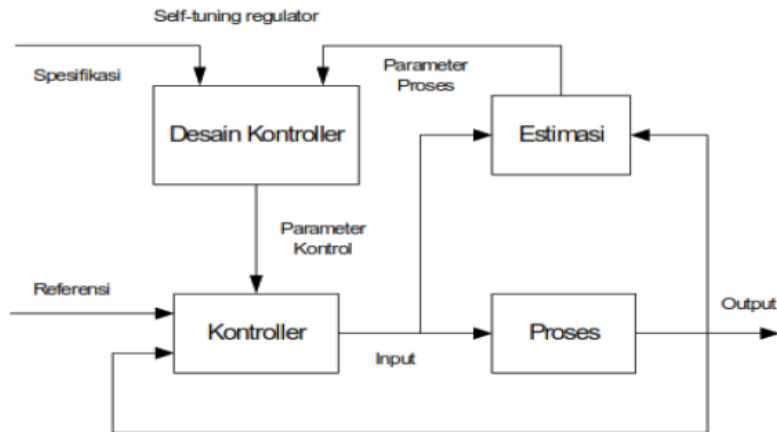
Respon lup tertutup	Waktu naik	<i>Overshoot</i>	Waktu turun	Kesalahan keadaan tunak
K_p	Menurun	Meningkat	Perubahan kecil	Menurun
K_i	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
K_d	Perubahan kecil	Menurun	Menurun	Perubahan kecil

2.5 STR (Self Tuning Regulator)

STR merupakan bagian dari sistem kendali adaptif. Adaptif adalah pengaturan yang memiliki algoritma untuk merevisi nilai parameter atau struktur kendali yang mengikuti perubahan parameter struktur *plant* sehingga sistem yang dikendalikan selalu memenuhi spesifikasi desain yang ditentukan[6]

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



Gambar 2. 3 Skema Dasar STR[6]

Blok estimasi merepresentasikan proses estimasi parameter secara langsung dengan menggunakan metode *Extended Least Square*. Blok desain kendali merepresentasikan penyelesaian langsung untuk desain *problem* dari parameter yang telah diidentifikasi sebelumnya untuk menghasilkan parameter kendali terbaru sesuai kondisi objek pada saat itu. Dan blok terakhir adalah kendali untuk menghitung aksi kendali yang akan diberikan pada blok sebelumnya, sehingga sistem dapat dikatakan sebagai otomatisasi proses estimasi dan desain.

Blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 2.3 mempunyai banyak pilihan yang dapat digunakan untuk model dan struktur dari sistem kendali adaptif. Pada Tugas Akhir ini, struktur model plant akan menggunakan ARMA orde 2 dengan proses diestimasi menggunakan algoritma ELS.

2.6 ARMA (Auto Regressive Moving Average)

Dalam perancangan kendali STR sistem *plant* harus dalam bentuk sistem yang diskrit salah satu metode yang digunakan adalah pendekatan struktur ARMA orde 2 yang mengubah sistem continue (s) menjadi diskrit atau digital (z)[6]. Dimana pemodelan diskrit harus memenuhi persamaan yang berlaku pada ARMA orde 2 adalah sebagai berikut:

$$a_0 Y(k) + a_1 Y(k-1) + a_2 Y(k-2) + \dots + a_n Y(k-n_A) = b_0 X(k-d) + b_1 X(k-d-1) + \dots + b_{n_B} X(k-d-n_B) \quad (2.28)$$

struktur Arma orde 2 dapat di gambarkan secara singkat sebagai berikut ini[6]:

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (2.29)$$

Untuk pengubahan nilai *Transfer Function plant* ke persamaan transformasi Z menggunakan transformasi bilinear berikut:

$$S = \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \quad (2.30)$$

Dengan penentuan nilai TS (*time sampling*) pada transformasi bilinear harus mengikuti ketentuan berikut :

$$\frac{T_r}{10} \leq T_s \leq \frac{T_r}{2} \text{ dan } T_s < T_d \quad (2.31)$$

2.7 ELS (*Extended Least Square*)

Pada STR terdapat identifikasi sistem, dimana identifikasi sistem adalah suatu cara menentukan model matematis dari sebuah sistem. Identifikasi pada STR menggunakan algoritma *Extended Least Square* (ELS). Algoritma ELS mempunyai laju konvergensi yang lebih cepat dengan tingkat kesalahan yang lebih sedikit[6]. Estimasi dilakukan secara *real-time* di dalam sistem, bagian *input* dan *output* dari *plant* yang digunakan sebagai input untuk algoritma estimasi. Pada prinsipnya metode ini menghitung parameter-parameter yang tak diketahui dari suatu model matematik, parameter tersebut harus dipilih dengan meminimalkan jumlah kuadrat antara pengamatan aktual dengan *output* yang diprediksi dengan nilai pembobot yang akan menentukan tingkat kepresisian dari parameter yang diestimasi. Kriteria ELS adalah kuadratik, dengan demikian solusi analitik dari permasalahan ELS akan ada sepanjang variabel yang diukur adalah linier. Dalam sistem kendali adaptif pengamatan data diperoleh secara sekuensial secara *real time*. Oleh karena itu metode ini sangat diperlukan dalam estimasi parameter secara *real time*.

Secara umum model dari suatu proses dapat ditulis sebagai berikut:

$$Gp(z^{-1}) = \frac{z^{-d}N(z^{-1})}{D(z^{-1})} \quad (2.32)$$

Dimana d adalah time delay $n \geq m + d$

$$N(z^{-1}) = \beta_0 + \beta_1 z^{-1} + \dots + \beta_m z^{-m} \quad (2.33)$$

$$D(z^{-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 z^{-1} + \dots + \alpha_m z^{-m} \quad (2.34)$$

Dalam persamaan:

$$Y(k) = -a_1 Y(k-1) - a_2 Y(k-2) + \dots + a_n Y(k-n) + b_0 Y(k-d) \dots + b_m Y(k-d-m) \quad (2.35)$$

Dalam bentuk vector $y(k) = \varphi^T(k)\theta$ dimana:

$$\theta = [\alpha_1 \alpha_2 b_0 b_1]$$

$$\varphi^T(k) = [-y(k-1), -y(k-2), \dots -y(k-n), u(k-d), u(k-d-nB)]^T \quad (2.36)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Maka metode RLS estimator dapat diberikan sebagai berikut:

$$\hat{\theta}(k) = \hat{\theta}[(k-1) + F(k)[y(k) - \varphi^T(k), \varphi u(k-1)]] \quad (2.37)$$

$$F(k) = F(k-1) - \frac{F(k-1)\varphi^T(k-1)F(k-1)}{1 + \varphi^T(k-1)F(k-1)\varphi(k-1)} \quad (2.38)$$

Dalam memperoleh pengestimasi nilai parameter $\hat{\theta}(k)$ dengan menambahkan bobot error prediksi nilai $y(k) - \varphi^T(k) \hat{\theta}(k-1)$ untuk nilai estimasi $\hat{\theta}(k-1)$ sebelumnya. Nilai $F(k)$ adalah matrik gain estimasi (*weighting factors*) yang memperlihatkan bagaimana nilai koreksi dan nilai estimasi parameter sebelumnya harus digabungkan. Metode ini disebut dengan *Recursive Least Square*, dimana metode ini cukup baik untuk mengestimasi nilai parameter secara *offline* atau dengan jumlah iterasi data yang terbatas. Namun untuk estimasi secara *online* untuk jumlah iterasi yang tak terbatas, maka dari persamaan (2.38), matrik gain estimasi dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah iterasi, maka nilai matrik gain estimasi $F(k)$ akan semakin mengecil dan akhirnya menuju nol atau disebut *decreasing gain*. Jika hal ini terjadi, maka metode *recursive least Square* akan kehilangan kemampuan untuk mengestimasi parameter. Untuk mengatasi hal ini, dikembangkan sebuah metode *Extended Least Square* (ELS) yang merupakan modifikasi dari RLS agar estimasi dapat dilakukan dengan waktu yang tak terbatas dengan modifikasi nilai matrik gain estimasi agar tetap konstan dan tidak mengecil. Modifikasi nilai matrik gain estimasi dilakukan dengan cara memilih gain adaptasinya [6].

Untuk itu formulasi dari $F(k)$ dimodifikasi menjadi:

$$F(k) = \frac{1}{\lambda_1 k} F(k-1) - \frac{F(k-1)\varphi^T(k-1)F(k-1)}{\lambda_2 + \varphi^T(k-1)F(k-1)\varphi(k-1)} \quad (2.39)$$

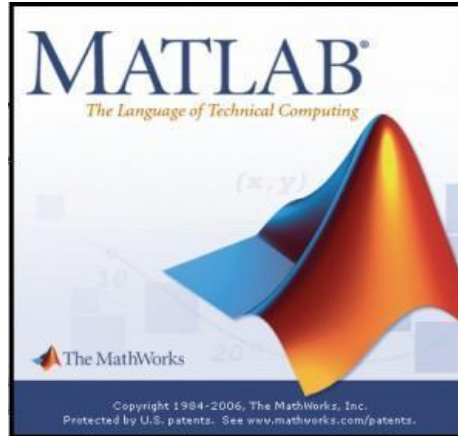
Hasil modifikasi diatas disebut *Extended Least Square* (ELS) dengan menggunakan *constant forgetting factor* agar estimasi yang dilakukan secara terus menerus tanpa batasan waktu, dengan nilai λ_1, λ_2 dipilih $\lambda_1 = 1$ dan $\lambda_2 > 1$

2.8 MATLAB

MATLAB (*matrix laboratory*) semakin tinggi level bahasa perograman semakin mudah cara menggunakannya dengan kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. Matlab mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam sistem interaktif yang menggunakan konsep array/matrik sebagai variabel elemennya tanpa membutuhkan deklarasi *array* [14].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 4 Tampilan Matlab

Matlab dikembangkan oleh Mathwork, yang pada awalnya dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek LINPACK (*software library* untuk melakukan aljabar linier numerik pada komputer digital) dan EISPACK (*software library* untuk melakukan perhitungan *eigenvalue* dan *eigenvector*). Selanjutnya untuk komputasi numerik dan kemudian digunakan untuk pendidikan ilmiah seperti, matematika, rekayasa/teknik dan analisis penelitian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

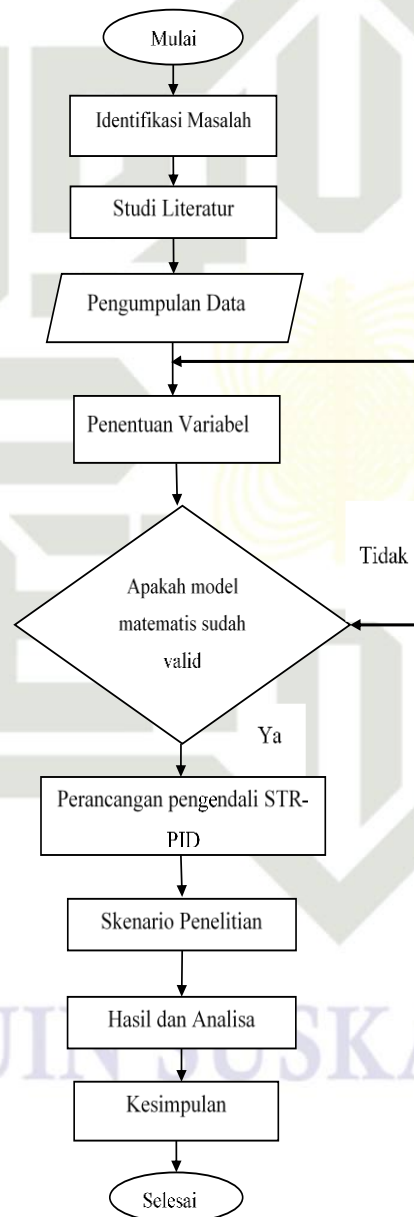
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini ada beberapa langkah yang penulis akan lakukan .adapun sebagai berikut.

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu melakukan identifikasi masalah tentang pengendalian konsentrasi pada sistem *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) yang rentan terhadap gangguan agar tetap berada pada konsentrasi yang diinginkan. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah perencanaan agar penelitian ini dalam pengerjaannya sesuai dengan yang diharapkan. Perencanaan dalam penelitian ini meliputi penentuan judul pengujian *plant* sampai dengan tujuan yang diinginkan dari suatu penelitian sehingga terdapat beberapa tahap perencanaan yang harus dilakukan yaitu :

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah, pada tahapan ini hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan topik permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini, dimana masalah yang dihasilkan adalah mengatasi ketidakstabilan yang terjadi pada konsentrasi pada sistem *Isothermal CSTR*

2. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari referensi yang terkait dengan tema yang dibahas pada penelitian tugas akhir ini, yaitu mengenai *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dan pengendali STR-PID baik dari jurnal, artikel penelitian maupun buku- buku.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui pemodelan *transfer function* yang dimana *transfer function* diperoleh berdasarkan data yang telah dikumpulkan yang nantinya akan diberi pengendali dan dianalisa performanya

4. Penentuan Variabel

Data-data pra-disain yang sudah didapatkan dibuat dalam model matematis berbentuk persamaan *transfer function* berbentuk :

$$TF = \frac{-1.117s + 3.1472}{s^2 + 4.6429s + 5.3821}$$

5. Validasi Pemodelan dan Pengujian Matematis *Isothermal CSTR*

Validasi pemodelan dan pengujian *plant* adalah tahap pengujian model matematis dalam bentuk *transfer function* dari sistem *Isothermal CSTR* yang sudah dirubah kedalam bentuk bahasa pemograman MATLAB *simulink* guna divalidasi bentuk keluarannya, apakah hasil keluarannya sudah sesuai dengan rujukan.

6. Desain Pengendali STR- PID menggunakan algoritma estimasi ELS

Pada tahap ini peneliti melakukan perancangan pengendali STR-PID menggunakan estimasi ELS agar sistem selalu meng-*update* nilai parameter ketika terjadi perubahan dalam waktu yang tak terbatas.

7. Hasil dan Analisa

Pada tahap ini penulis akan melakukan analisa dan mengklarifikasi dari hasil pengujian sistem *Isothermal* CSTR menggunakan pengendali adaptif STR yang sudah dipadukan dengan pengendali PID apakah respon yang didapat sudah optimal atau belum, Apabila telah memenuhi tujuan berarti penelitian telah berhasil.

8. Kesimpulan

Setelah semua tahap dilakukan dan didapatkan hasil dengan tujuan yang telah tercapai maka akan ditarik kesimpulan yang berrguna untuk mempertegas dan memperjelas bahwa gagasan yang diusulkan atau dikerjakan dalam bentuk penelitian telah selesai dilaksanakan.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari data apa saja yang dibutuhkan dari penelitian-penelitian terkait yang bertujuan untuk menentukan *setpoint* yang akan digunakan. Berdasarkan penelitian terkait yang telah dilakukan *review* dimana *setpoint* yang digunakan 1g.moll/liter.

3.4 Pemodelan Matematis *Isothermal* CSTR

Berdasarkan persamaaan (2.20 dan 2.26) maka dimasukkan nilai nilai parameter pada tabel 3.1 berikut ini .

Tabel 3. 2 Parameter Proses *Isothermal* CSTR [2]

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Kesetimbangan Masukan Konsentrasi	C_{Afs}	10 g.moll ⁻¹
2	Kesetimbangan Pada Konsentrasi A	C_{AS}	3 g.moll ⁻¹
3	Kesetimbangan Pada Konsentrasi B	C_{BS}	1.117 g.moll ⁻¹
4	Nilai Molaritas Konstan Untuk A → B	k_1	0.83 min ⁻¹
5	Nilai Molaritas Konstan Untuk B → C	k_2	1.66 min ⁻¹
6	Nilai Molaritas Konstan Untuk 2A → D	k_3	0.116 moll ⁻¹ min ⁻¹
7	Nilai Pada Pengenceran	$\frac{F_s}{V}$	in ⁻¹

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berikut

Setelah memasukkan nilai nilai pada tabel maka di dapatlah persamaan sebagai

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{F_s}{V} - k_1 - 2k_3 C_{AS} & 0 \\ k_1 & \frac{F_s}{V} - k_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.4 & 0 \\ 0.83 & -2.23 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} C_{Afs} - C_{AS} & \frac{F_s}{V} \\ -C_{BS} & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7 & 0.57 \\ -1.117 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C = [0 \quad 1]$$

$$D = [0 \quad 0]$$

Selanjutnya mengubah model *state space* ke *transfer function*, yang mana *transfer function* proses input output yang di manipulasi adalah $G(s) = C(sI - A)^{-1}B$ dihitung dengan bantuan mat lab.

$$G(s) = C(sI - A)^{-1}B$$

$$G(s) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -\frac{F_s}{V} - k_1 - 2k_3 C_{AS} & 0 \\ k_1 & \frac{F_s}{V} - k_2 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} C_{Afs} - C_{AS} & \frac{F_s}{V} \\ -C_{BS} & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -2.4 & 0 \\ 0.83 & -2.23 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 7 & 0.5714 \\ -1.117 & 0 \end{bmatrix}$$

$$(sI - A)^{-1} = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -2.4 & 0 \\ 0.83 & -2.23 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} s + 2.4 & 0 \\ -0.83 & s + 2.23 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{(s + 2.4)(s + 2.23) - 0} \begin{bmatrix} s + 2.23 & 0 \\ 0.83 & s + 2.4 \end{bmatrix}$$

$$C(sI - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{s + 2.23}{(s + 2.4)(s + 2.23)} & 0 \\ \frac{0.83}{(s + 2.4)(s + 2.23)} & \frac{s + 2.4}{(s + 2.4)(s + 2.23)} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{0.83}{(s + 2.4)(s + 2.23)} & \frac{s + 2.4}{(s + 2.4)(s + 2.23)} \end{bmatrix}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$C(sI - A)^{-1}B = \begin{bmatrix} \frac{0.83}{(s+2.4)(s+2.23)} & \frac{s+2.4}{(s+2.4)(s+2.23)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 7 & 0.5714 \\ -1.117 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{0.83 \times 7}{(s+2.4)(s+2.23)} - \frac{1.117(s+2.4)}{(s+2.4)(s+2.23)} & \frac{0.83 \times 0.5714}{(s+2.4)(s+2.23)} \end{bmatrix}$$

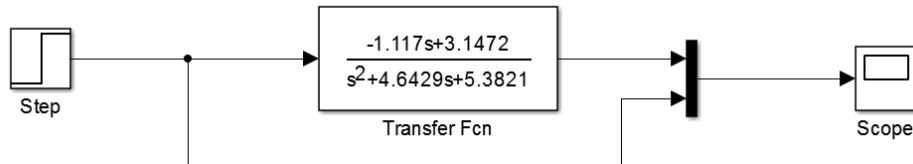
Maka diperoleh *transfer function* konsentrasi pada *Isothermal CSTR* :

$$G_p(s) = \frac{5.833 - 1.117(s+2.4)}{(s+2.4)(s+2.23)}$$

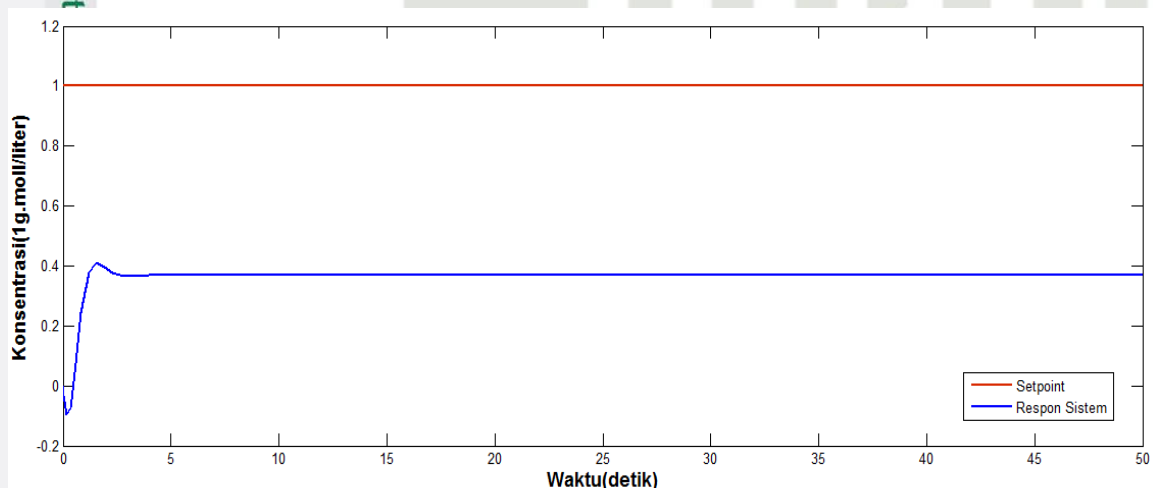
$$G_p(s) = \frac{-1.117s + 3.1472}{s^2 + 4.6429s + 5.3821} \quad (3.1)$$

3.5 Validasi Pemodelan *Isothermal CSTR*

Pada bab II telah dijelaskan bahwa yang akan di kendalikan pada *Isothermal CSTR* adalah konsentrasi. Setelah didapatkan persamaan matematisnya seperti persamaan (3.1) selanjutnya untuk mengetahui *respon* maka dilakukan uji *open loop*, persamaan tersebut akan diubah kedalam program *Simulink MATLAB*.



Gambar 3. 2 Blok *Simulink Open Loop Isothermal CSTR*.



Gambar 3.3 Hasil Respon *Output Open Loop Isothermal CSTR*

Hasil respon sistem *Isothermal CSTR* secara *open loop* ditunjukkan pada gambar 3.3 di atas, dimana hasil respon merupakan tampilan *scope* dari blok-blok *Simulink* yang sudah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dirancang. Waktu simulasi yang digunakan adalah 50 detik dengan *Setpoint* 1 g.moll/liter. Dari hasil respon terlihat bahwa sistem tidak mampu mencapai *Setpoint* yang ditentukan yaitu 1 g.moll/liter, *error* yang dihasilkan juga cukup besar yaitu sekitar 0.416 g.moll/liter dari *Setpoint* dan juga memiliki *overshoot* yaitu 11.84%.

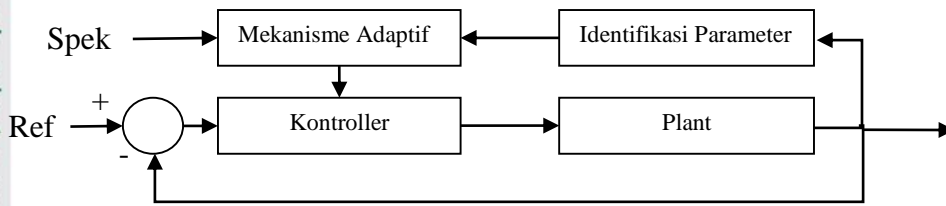
3.6 Skenario Penelitian

Penelitian ini menggunakan pengendali STR- PID untuk mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal CSTR* dengan memasukkan data data yang telah didapat pada pemodelan matematis dari penelitian tentang pengendalian konsentrasi pada *Isothermal CSTR*[2] kedalam program Matlab. Berdasarkan penelitian terkait dengan *setpoint* 1 g.moll/liter. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian dengan melihat hasil simulasi, data yang diambil yaitu *respon transient* dari pengujian tersebut. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Simulasi sistem konsentrasi pada *Isothermal continuous stirred tank reactor* secara *open loop*.
2. Pengujian dengan menggunakan pengendali STR-PID dalam pencapaian *setpoint* pada *Isothermal continuous stirred tank reactor* untuk mengendalikan konsentrasi.
3. Pengujian dengan menggunakan pengendali STR-PID dalam mengatasi gangguan pada *Isothermal continuous stirred tank reactor* untuk mengendalikan konsentrasi.

3.7 Perancangan Kendali STR

Pada *plant* yang telah dirancang akan diterapkan sebuah kendali yang disebut kendali adaptif. Dimana pada tugas akhir ini diagram blok kendali adaptif yang akan digunakan adalah STR. Diagram dari STR ini memiliki 2 *loop*, Pertama adalah *standar loop feedback* dan *loop* identifikasi dan desain performansi, untuk lebih jelas perhatikan diagram blok STR pada gambar berikut .



Gambar 3. 4 Diagram Blok STR [7]

3.7.1 Perancangan Plant

Plant yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor*. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengetahui persamaan matematis (*transfer function*) dari *plant* lalu diubah menjadi persamaan diskrit. Dalam tugas akhir ini dipilih model struktur ARMA orde 2 yang mendekati persamaan matematis *plant*, Struktur Arma sendiri dapat di gambarkan secara singkat sebagai berikut

$$y(z) = \frac{z^{-d}(b_0 + \dots + b_n B z^{-nB})}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (3.2)$$

Sedangkan orde *plant* dipilih orde 2, sehingga menjadi

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{z^{-1}(b_0 + b_1 z^{-1})}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (3.3)$$

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (3.4)$$

Dimana

a_1, a_2 = Koefisien AR

b_0, b_1 = Koefisien MA

Untuk proses penurunan persamaan *plant* dalam ARMA orde 2 ini harus menentukan nilai a_1, a_2, b_0 , dan b_1 sebagai hasil dari keluaran persamaan ARMA. Nilai a_1, a_2 merupakan koefisien model AR dan b_1, b_2 merupakan nilai koefisien model MA Perubahan nilai *Transfer Function plant* ke ARMA orde 2 dengan *transformasi bilinear* adalah dengan menggunakan persamaan yang ada pada (2.28)

Untuk mendapatkan nilai T_s perlu dicari terlebih dahulu nilai t_r , yang dimana nilai t_r tersebut didapat dari pengezooman *open loop ICSTR* dimana didapat nilai t_r tersebut 0.6349 detik.

Penentuan nilai T_s (*Time Sampling*) yang untuk *transformasi bilinear*

$$\frac{t_r}{10} \leq T_s \leq \frac{t_r}{2}$$

$$\frac{0.6349}{10} \leq T_s \leq \frac{0.6349}{2}$$

$$0.06349 \leq T_s \leq 0.31745$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Maka nilai T_s yang diinginkan adalah 0.05 detik

Sehingga pengubahan nilai *Transfer Function plant* ke ARMA orde 2 dengan, metode *biliner transform* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{y(z)}{x(z)} &= \frac{-1.117 \left(\frac{2}{0.05} \times \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 3.1472}{\left(\frac{2}{0.05} \times \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right)^2 + 4.6429 \left(\frac{2}{0.05} \times \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 5.3821} \\ \frac{y(z)}{x(z)} &= \frac{-1.117 \left(40 \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 3.1472}{\left(40 \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right)^2 + 4.6429 \left(40 \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 5.3821} \\ \frac{y(z)}{x(z)} &= \frac{-44,68 \left(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 3.1472}{1600 \left(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right)^2 + 185.716 \left(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 5.3821} \\ \frac{y(z)}{x(z)} &= \frac{-0.028 \left(\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} \right) + 0.002(1+2z^{-1}+z^{-2})}{(1-z^{-1}+z^{-2}) + 0.116(1-z^{-2}) + 0.0034(1+2z^{-1}+z^{-2})} \\ \frac{y(z)}{x(z)} &= \frac{-0.028 + 0.028z^{-2} + 0.002 + 0.004z^{-1} + 0.002z^{-2}}{(1-z^{-1}+z^{-2}) + 0.116 - 0.116z^{-2} + 0.0034 + 0.0068z^{-1} + 0.0034z^{-2}} \\ \frac{y(z)}{x(z)} &= \frac{-0.026 + 0.0048z^{-1} + 0.003z^{-2} +}{1.1194 - 0.9932z^{-1} + 0.8874z^{-2}} \end{aligned}$$

$$1.1194 Y(z) - 0.9932 Y(z^{-1}) + 0.8874 Y(z^{-2}) = -0.026 X(z) + 0.004 X(z^{-1}) + 0.003 X(z^{-2})$$

$$1.1194 Y(z) = 0.9932 Y(z^{-1}) - 0.8874 Y(z^{-2}) - 0.026 X(z) + 0.004 X(z^{-1}) + 0.003 X(z^{-2})$$

$$Y(k) = 0.8873 Y(k-1) - 0.7927 Y(k-2) + 0.0036 X(k-1) + 0.0268 X(k-2)$$

Kemudian di ubah kepersamaan ARMA menjadi:

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai untuk

$$a_1 = -0.8873$$

$$a_2 = 0.7927$$

$$b_0 = 0.0036$$

$$b_1 = 0.0268$$

kemudian nilai a_1, a_2, b_0, b_1 disubsitusikan kedalam persamaaan ARMA orde 2

Menjadi :

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{0.0036z^{-1} + 0.0268z^{-2}}{1 - 0.8873z^{-1} + 0.7927z^{-2}}$$

3.7.2 Identifikasi Parameter

Untuk mencari nilai parameter dari *plant* seperti yang telah diuraikan diatas, maka diperlukan sebuah metode atau algoritma tertentu. Pada tugas akhir ini dipilih algoritma ELS. Dimana ELS ini merupakan modifikasi dari algoritma RLS yang akan mengidentifikasi secara *online* sehingga setiap terjadi perubahan dari nilai *setpoint* bisa merubah sesuai dengan yang diinginkan. Dari model ARMA akan dipilih nilai θ sebagai parameter estimasi

Dengan vektor parameter:

$$\theta = [a_1 \ a_2 \ b_0 \ b_1]$$

Menjadi

$$\theta = [-0.8873 \ 0.7927 \ 0.0036 \ 0.0268]$$

Dan vektor regresi:

$$\varphi^T(k-1) = [-y(k-1), -y(k-2), \dots -u(k-1), u(k-2)]$$

3.7.3 Perancangan Kendali PID Diskrit

Kendali PID kontinu secara umum ditulis sebagai berikut:

$$\frac{U(s)}{E(s)} H_{PID}(s) = K \left[1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{1 + \frac{T_d s}{N}} \right] \quad (3.5)$$

Dimana:

K Proportional Gain

T_i Aksi Integral

T_d Aksi Derivative

T_d/N Filtering dari Aksi Derivative

Beberapa metode untuk mendiskritkan persamaan kontinu, tetapi secara umum bentuk diskrit akan sama. Untuk kasus ini menggunakan metode *Backward Difference*

Approximation dimana *factors (derivative)* akan didekati dengan pendekatan $\frac{1-q^{-1}}{T_s}$, dan $1/s$

(integral) akan didekati dengan $\frac{T_s}{1-q^{-1}}$. Dari persamaan (3.5), akan didapatkan *Transfer*

Function dari digital PID sebagai berikut :

$$H_{PID}(q^{-1}) = \frac{R(q^{-1})}{S(q^{-1})}$$

$$K \left[1 + \frac{T_s}{T_i} \frac{1}{1-q^{-1}} + \frac{\frac{NT_d}{T_d+NT_s} (1-q^{-1})}{1 - \frac{T_d}{T_d+NT_s} q^{-1}} \right]$$

Dengan menyelesaikan persamaan diatas, maka didapatkan bentuk perbandingan *polynomial* $R(q^{-1})$ dan $S(q^{-1})$ menjadi Persamaan berikut ini:

$$R(q^{-1}) = k_1 + k_2 q^{-1} + k_3 q^{-2}$$

$$S(q^{-1}) = (1 - q^{-1})(1 + k_0 q^{-1})$$

Dimana:

$$k_0 = \frac{T_d}{T_i + NT_s}$$

$$k_1 = K \left[1 + \frac{T_s}{T_i} - N k_0 \right]$$

$$k_2 = K \left[k_0 \left(1 + \frac{T_s}{T_i} + 2N \right) - 1 \right]$$

$$k_3 = -K k_0 (1 + N)$$

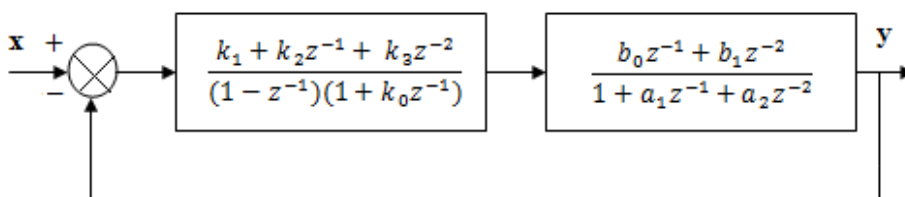
Sama dengan kendali PID kontinu, PID diskrit juga memiliki 4 parameter (k_0, k_1, k_2, k_3). Karena dalam disain kendali PID pada Tugas Akhir ini parameter dari PID diskrit akan dipilih sebagai fungsi dari parameter *plant* yakni k_0, k_1, k_2 dan k_3 yang akan menggantikan seluruh parameter konstanta dari PID diskrit. Maka bentuk *transfer function* dari PID diskrit yang akan digunakan akan menjadi:

$$\frac{u(q^{-1})}{e(q^{-1})} = \frac{k_1 + k_2 q^{-1} + k_3 q^{-2}}{(1 - q^{-1})(1 + k_0 q^{-1})} \quad (3.6)$$

Atau dalam bentuk transformasi z :

$$\frac{u(z)}{e(z)} = \frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} \quad (3.7)$$

Setelah kita mengetahui persamaan diskrit dari PID kontroler, maka didapatkan diagram blok *plant* dengan kontroler PID.



Gambar 3. 5 Diagram Blok *Plant* dengan Kendali PID Diskrit

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

CLTF dari gambar 3.4 diatas adalah:

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{\left(\frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} \right) \left(\frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \right)}{1 + \left[\left(\frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})} \right) \left(\frac{b_0 z^{-1} + b_1 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \right) \right]}$$

Jika dipilih $a_1 = \frac{k_2}{k_1}$, $a_2 = \frac{k_3}{k_1}$ dan $k_0 = \frac{b_1}{b_0}$ maka akan didapatkan persamaan:

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{\frac{k_1 b_0 z^{-1}}{(1 - z^{-1})}}{1 + \frac{k_1 b_0 z^{-1}}{(1 - z^{-1})}}$$

Dan bentuk fungsi alih CLTF akhir adalah seperti di bawah:

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{k_1 b_0 z^{-1}}{1 + (k_1 b_0 - 1) z^{-1}}$$

Terlihat persamaan CLTF *plant* adalah orde satu dengan model diskrit,

$$\frac{y(z)}{x(z)} = \frac{K \frac{T_s}{2\tau + T_s} z^{-1}}{1 + \frac{T_s - 2\tau}{T_s + 2\tau} z^{-1}}$$

Dengan:

$$k_1 = \frac{1}{b_0} \frac{k T_s}{T_s + 2\tau}$$

Maka akan didapatkan nilai *Gain overall* (K) *plant* dan parameter-parameter k_0 , k_1 , k_2 dan k_3 sebagai berikut:

$$k_0 = \frac{b_1}{b_0}$$

$$k_1 = \left(\frac{1}{b_0} \right) \left(\frac{k T_s}{T_s + 2\tau} \right)$$

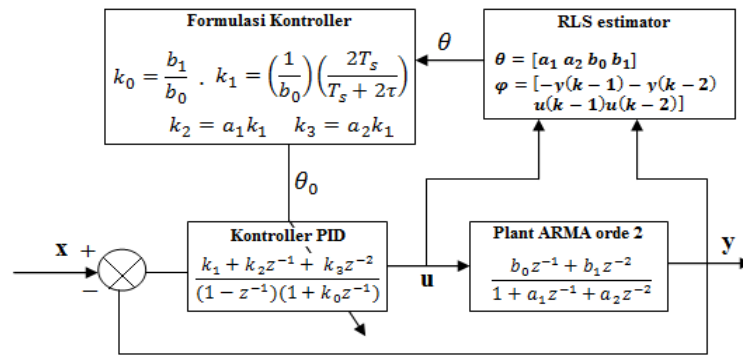
$$k_2 = a_1 k_1$$

$$k_3 = a_2 k_1$$

Sehingga semua parameter kontroler PID telah ditemukan dalam bentuk parameter *plant* dan dalam bentuk orde 1, bentuk lengkap diagram blok STR dengan PID adaptif dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 6 Diagram Blok Perhitungan Parameter

Sinyal kendali yang akan diumpankan ke *plant* dalam bentuk persamaan yaitu sebagai berikut:

$$\frac{u}{e} = \frac{k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2}}{(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1})}$$

$$u(1 - z^{-1})(1 + k_0 z^{-1}) = e(k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2})$$

$$u(1 + k_0 z^{-1} - z^{-1} - k_0 z^{-2}) = e(k_1 + k_2 z^{-1} + k_3 z^{-2})$$

$$u(1 + (k_0 - 1)z^{-1} - k_0 z^{-2}) = k_1 e + k_2 e z^{-1} + k_3 e z^{-2}$$

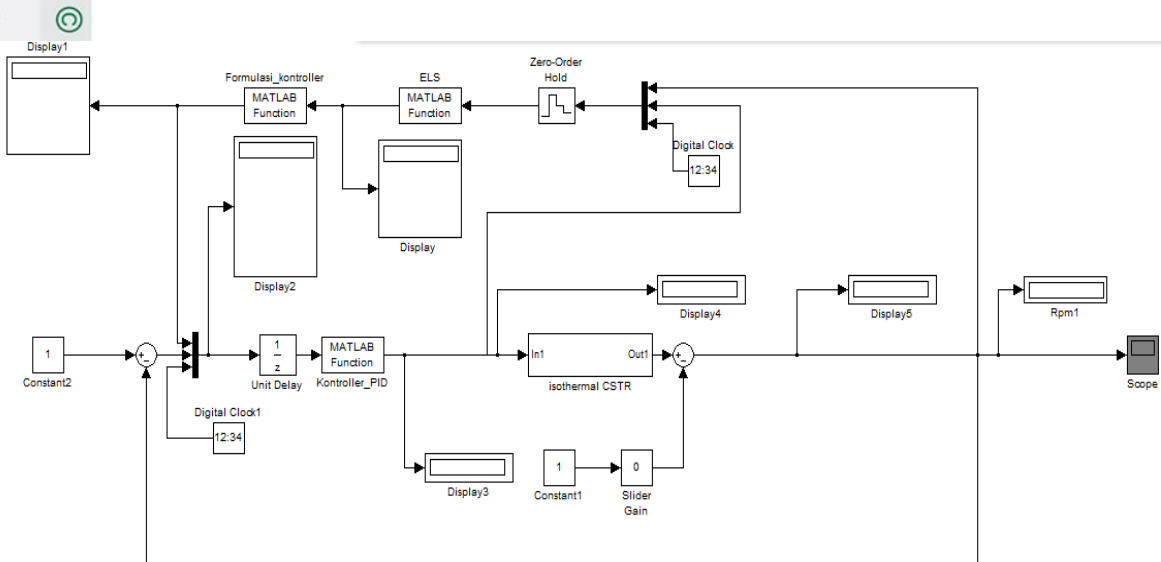
$$u + (k_0 - 1)u z^{-1} - k_0 u z^{-2} = k_1 e + k_2 e z^{-1} + k_3 e z^{-2}$$

$$u(k) + (k_0 - 1)u(k - 1) - k_0 u(k - 2) = k_1 e + k_2 e(k - 1) + k_3 e(k - 2)$$

$$u(k) = -(k_0 - 1)u(k - 1) + k_0 u(k - 2) + k_1 e(k) + k_2 e(k - 1) + k_3 e(k - 2)$$

3.7.4. Percancangan Blok Simulink Kendali STR- PID

Setelah Perancangan STR- PID kemudian nilai nilai yang telah didapat akan disimulasikan menggunakan simulink matlab untuk mengendalikan konsentrasi pada *Isothermal CSTR*, gambar 3.6 berikut menunjukkan blok *Simulink* STR-PID pada *Isothermal CSTR*.



Gambar 3. 7 Rangkaian Blok Diagram STR- PID pada *Isothermal*

Seperti terlihat pada rangkaian blok STR- PID pada *Isothermal* CSTR dimana hasil keluaran mampu mengikuti *setpoint* yang di berikan dan kokoh terhadap adanya gangguan.

Hak Cipta Ulinnang-Unaang

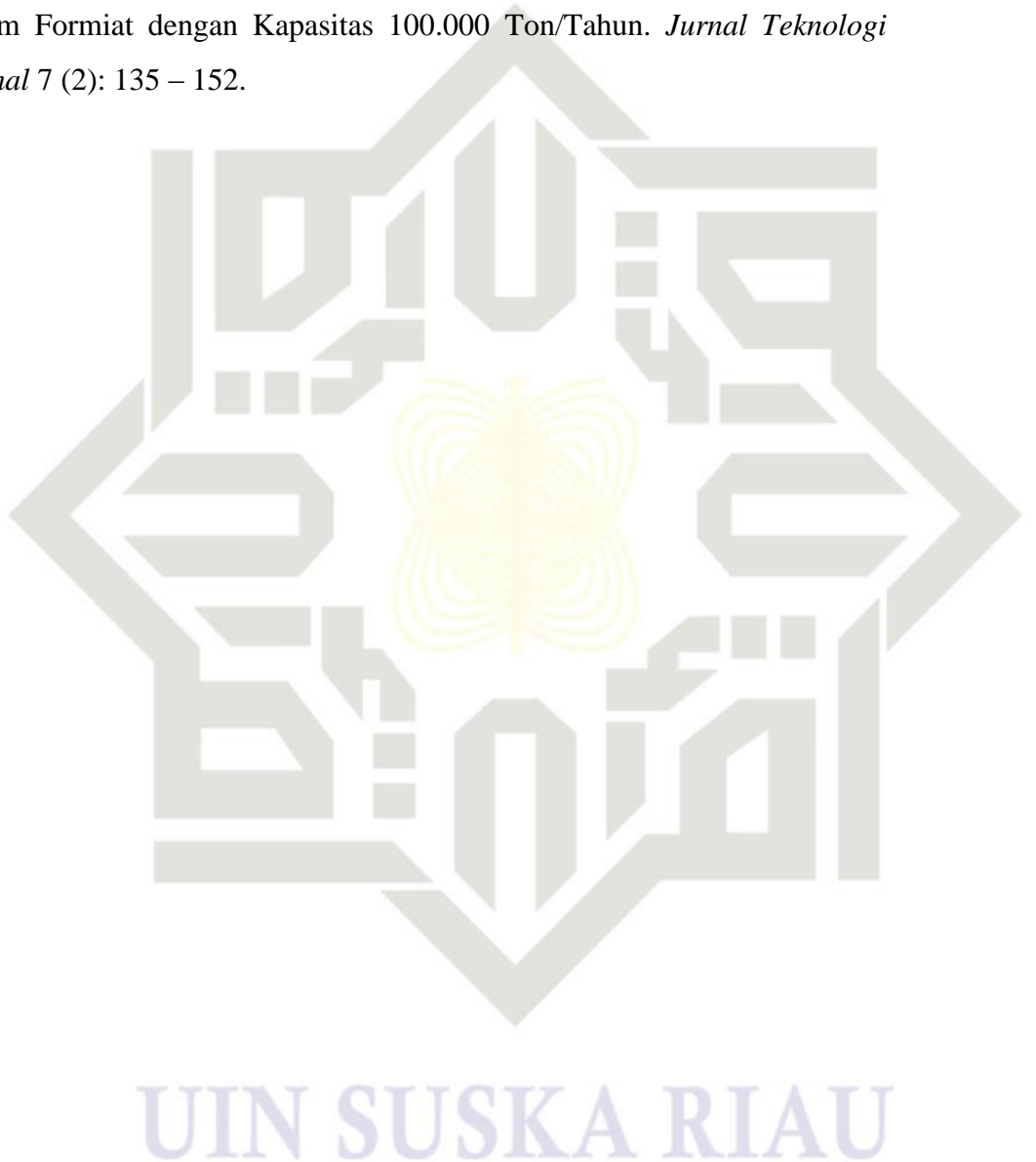
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wikipedia. 2020. Reaktor. <https://id.wikipedia.org/wiki/Reaktor> (Diakses Selasa 21 Januari 2020).
- [2] Vishnoi,Vishal, Padhee Subhransu, Kaur Gagandeep. “*Controller Performance Evaluation for Concentration Control of Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor*”. *International journal of Scientific and Research Publications*. Volume 2, issue 6. june 2012.
- [3] <http://repository.uin-suska.ac.id/3519/2/BAB%20.pdf> (Diakses pada 2 februari 2019).
- [4] Farhad Aslan dan Gagandeep Kaur .2011.*Comparative Analysis of Conventional, P, PI, PID and Fuzzy Logic Controllers for the Efficient Control of Concentration in CSTR*.*International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 17– No.6, March 2011.
- [5] Faizal, Ahmad, Mursyitah Dian, Ismaredah Ewi, Ikhsyan Muhammad. 2018. “Analisa Pengendali *Hybrid Sliding Mode Control* Dan PID Untuk Mengendalikan *Concentration* Pada *Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)”.Volume 5, No.1, April 2018.
- [6] E.Iskandar. “Sistem Pengaturan Adaptif”. ITS. 2012
- [7] Fitriyanto, Muhammad. “Aplikasi kendali adaptif pada pengendalian plant pengatur suhu dengan *Self tuning regulator* (STR)”. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [8] Mudia, Halim. “Perancangan dan Implementasi Kontroler PID Adaptif pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga fasa”.ITS. 2015.
- [9] Ramadani, "Perancangan Kendali Adaptif STR-PID Untuk Pengendalian Termperatur Pada Annealing Lehr," 2019.
- [10] Purwanti, A., Kimia, J. and Industri, F. T. 2009. ‘Pemanfaatan metoda newton-raphson dalam perancangan reaktor alir tangki berpengaduk’, 2, pp. 185–193.
- [11] <https://alexschemistry.blogspot.com/2013/12/cstr.html> (Diakses pada 12 September 2019).
- [12] Ogata, katsuhiko. Modern control engineering, 4 th edition. New Jersey: prentice hall, 2002

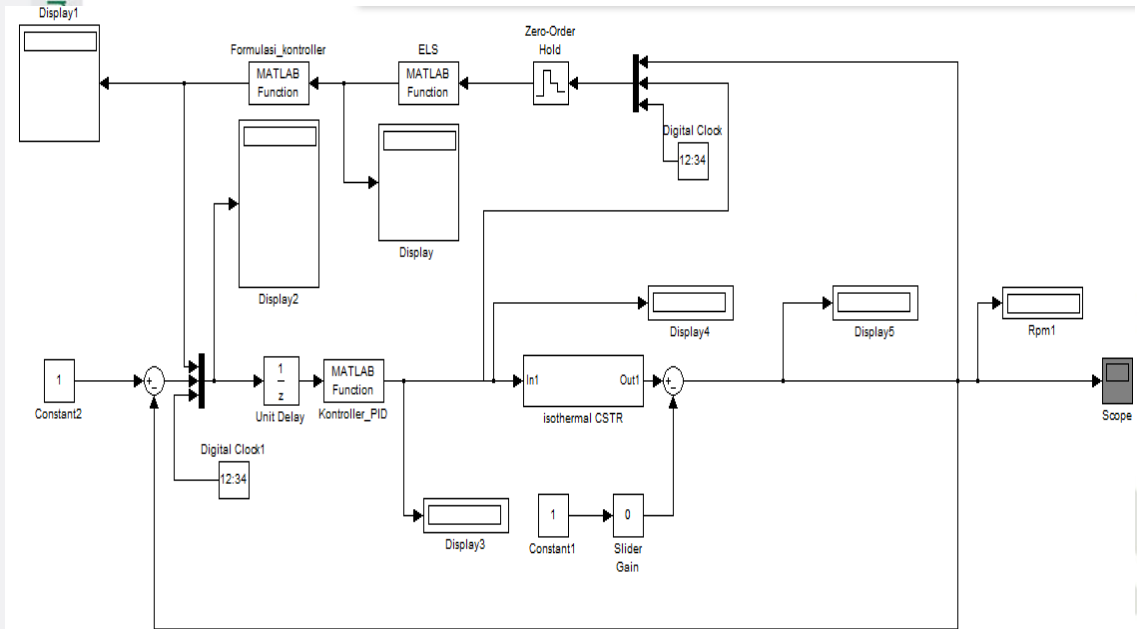
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- [13] T.sudewo, E. Iskandar and K. AStrowulan.”Disain dan Implementasi Kontrol PID *Model Reference Adaptive Control* untuk *Automatic Safe Landing* pada pesawat UAV *Quadcopter*” ITS. 2012
- [14] <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (Diakses pada 04 Oktober 2019).
- [15] Wijaya, E. C. *et al* ‘Auto Tuning’, pp. 1–12.
- [16] Nasrul Z.A, Y. P. Roja dan N. Sylvia. 2018. Aplikasi Kontrol PID pada Reaktor Pabrik Asam Formiat dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 7 (2): 135 – 152.



LAMPIRAN A-1

Blok Simulink STR- PID ketika mencapai *setpoint* 1.gmol/liter pada *Isothermal CSTR*



© Hak cipta ini

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

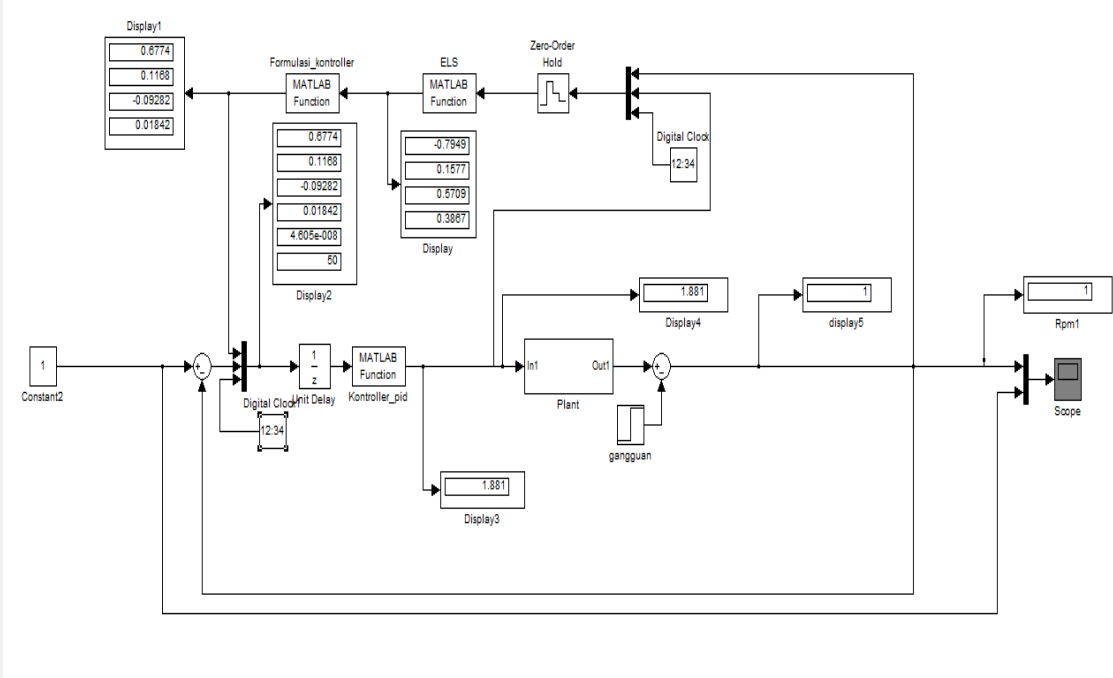
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A-2

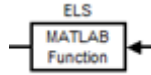
Blok Simulink STR- PID ketika di beri gangguan sebesar 8 dan 25% pada *Isothermal*

CSTR



LAMPIRAN B-1

Program M-File pada Blok ELS



```
function Doutput=DBismillahleguh(Ddata)
global tep xk yk tetha_p vip lamda_p alfa1 alfa2
%tetha_p=[0.4862; 0.4919; 0.01453; 0.009034];
tep=Ddata(3);
if tep==0
    tetha_p=[ ]
    %tetha_p=[0.4862; 0.4919; 0.01453; 0.009034];
    tetha_p=[0.4807; 0.4892; 0.01785; 0.1];
    alfa1=1;
    alfa2=2;
    tetha_p=[-0.8873; 0.7927; 0.0036; 0.0028];
    %tetha_p=[0.4807; 0.4892; 0.01785; 0.1];
    %tetha_p=[5.024; 1.883; 0.2899; 1.819];
    %tetha_p=[0.4807; 0.4892; 0.01785; 0.1];
    %tetha_p=evalin('base','tetha_p');
    vip=[0;0;0;0];
    lamda_p=0.05*eye(4,4);
    xk=[0;0;0];
    yk=[0;0;0];
end

xk(1)=Ddata(1);
yk(1)=Ddata(2);

for i=1:2 %revisi nilai vektor pengukuran vi
    vip(i)=-yk(i+1);
end
for j=3:4
    vip(i)=xk(j+1);
end

%tetha_p
%cobaw= (yk(1)-vip'*tetha_p)

%lamda_p
tetha_p=tetha_p+lamda_p*(yk(1)-vip'*tetha_p)*vip;
%assignin('base','tetha_p',tetha_p);

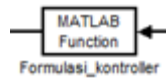
Doutput(1)=tetha_p(1);
Doutput(2)=tetha_p(2);
Doutput(3)=tetha_p(3);
Doutput(4)=tetha_p(4);
lamda_p=(1/alfa1)*(lamda_p-
(lamda_p*vip*(vip')*lamda_p/(alfa2*(1+(vip'*lamda_p*vip)))));
```

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN B-2

Program M-File pada Blok Formulasi Kontroller



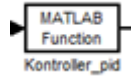
```
function Bk_all=Bformulasi_kontrollerteguh(Bdata)
global Ba1 Ba2 Bb0 Bb1 BTs Btau Bk0 Bk1 Bk2 Bk3 Taubintang
Ba1=Bdata(1);
Ba2=Bdata(2);
Bb0=Bdata(3);
Bb1=Bdata(4);

BTs=0;
Taubintang=35;
Btau=100*Taubintang;
if Bb0==0
    Bb0=0.01;
end
if Bb1==0
    Bb1=0.01;
end
if Ba1==0
    Ba1=0.01;
end
if Ba2==0
    Ba2=0.01;
end
Bk0=Bb1/Bb0;
Bk1=(1/Bb0)*(1*BTs/(2*Btau+BTs));
Bk2=Ba1*Bk1;
Bk3=Ba2*Bk1;
Bk_all(1)=Bk0;
Bk_all(2)=Bk1;
Bk_all(3)=Bk2;
Bk_all(4)=Bk3;
```

UIN SUSKA RIAU

LAMPIRAN B-3

Program M-File pada Blok Kontroller PID



```
function Cukk=Ckontroller_pid(Cdata)
global te Cekm2 Cek Cekm1 Cuk Cukm1 Cukm2 Ck0 Ck1 Ck2 Ck3
te=Cdata(6);
if te==0
    Cek=0;
    Cekm1=0;
    Cekm2=0;
    Cuk=0;
    Cukm1=0;
    Cukm2=0;
else
    Ck0=Cdata(1);
    Ck1=Cdata(2);
    Ck2=Cdata(3);
    Ck3=Cdata(4);
    Cek=Cdata(5);

    Cekm2=Cekm1;
    Cekm1=Cek;
    Cukm1=Cukm1;
    Cukm2=Cuk;

    Cuk=(Ck0-1)*Cukm1+Ck0*Cukm2+Ck1*Cek+Ck2*Cekm1+Ck3*Cekm2;
end
Cukk=Cuk;
```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Teguh Purwanto, lahir pada tanggal 15 Januari 1996 di Kota Duri, Riau. Putra dari pasangan Miswanto dan Yusmaini, yang beralamat di Jl Nusantara 1 RT 004/ RW 013, Kelurahan Air Jamban, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau, yang merupakan anak Kedua dari Tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan Pendidikan di Sekolah Dasar pada tahun 2008 di SD Negeri 010 Kota Duri, setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 04 Duri dan lulus pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 3 Duri dan lulus pada tahun 2014 pada jurusan IPA, kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, fakultas Sains dan Teknologi dengan Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Elektronika Instrumentasi dan lulus pada tahun 2021.

Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik, beberapa kegiatan sosial masyarakat diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATE). Dengan ketekunan, dan motivasi yang tinggi untuk terus berusaha dan belajar, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir ini dan mampu berkontribusi sebagai referensi pada penelitian selanjutnya.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perancangan Kendali Adaptif STR- PID Untuk Mengendalikan Konsentrasi Pada Isothermal Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)”**.

Untuk menjalin silaturahmi penulis dapat dihubungi melalui:

Nomor Handphone
Mail

+62853-7449-1549
Purwanto.teguh15@gmail.com

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.